THE UNIVERSITY
OF ILLINOIS
LIBRARY
614
G71h
v.3

NOV 1 3 1954

Digitized by the Internet Archive
in 2026 with funding from
University of Illinois Urbana-Champaign Alternates

https://archive.org/details/handbuchderhygie03gots

Handbuch

der hygienischen

Untersuchungsmethoden

Unter Mitwirkung namhafter Fachgelehrter
herausgegeben von

Dr. E. Gotschlich
o. ö. Professor und Direktor des Hygienischen Instituts an der Universität Heidelberg

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1929

Handbuch

der hygienischen

Untersuchungsmethoden

Dritter Band

Unter Mitwirkung von

Prof. Dr. med. E. Gotschlich, Heidelberg; Prof. Dr. med. et phil. H. Griesbach, Gießen; Med.-Rat Privatdozent Dr. H. Kliewe, Gießen; Prof. Dr. med. A. Korff-Petersen (†), Kiel; Prof. Dr. med. F. Lenz, München; Dr. phil. W. Liese, Berlin; Prof. Dr. med. W. Schürmann, Bochum; Prof. Dr. med. F. Schütz, Berlin; Dr. med. F. Weigmann, Kiel

herausgegeben von

Dr. E. Gotschlich

o. ö. Professor und Direktor des Hygienischen Instituts an der Universität Heidelberg

Mit 249 Abbildungen im Text

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1929

Alle Rechte vorbehalten

Printed in Germany

Vorwort.

Mit dem vorliegenden dritten Bande ist unser Handbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden zum Abschluß gelangt. In diesem Bande sind zunächst die Kapitel abgehandelt, die sich auf die durch die fortschreitende Zivilisation geschaffene und ausgebildete künstliche Umgebung des Menschen beziehen (Kleidung, Gewerbehygiene und Gebrauchsgegenstände, Beleuchtung, Lüftung, Heizung, Wohnung) und die daher von technischen und sozialen Gesichtspunkten weitgehend beherrscht werden. Letzteres gilt auch von dem dann folgenden Abschnitt, der die Fragen der Erregung und Ermüdung bei geistiger und körperlicher Betätigung mit besonderer Berücksichtigung der Arbeitshygiene behandelt, sowie von den im Anschluß hieran besprochenen schulhygienischen Untersuchungsmethoden. — Die darauffolgenden beiden Abschnitte behandeln die hygienischen Methoden zur Untersuchung der einzelnen Infektionskrankheiten und der hiermit in engem Zusammenhang stehenden Desinfektion. Wie von mir eingangs der von mir selbst bearbeiteten speziellen Methodik der Infektionskrankheiten näher begründet ist, weicht diese Darstellung im Rahmen eines hygienischen Handbuches, nach Form und Auswahl des Stoffs erheblich von den herkömmlichen Darstellungen rein mikrobiologischer Natur ab. — Im letzten Kapitel des vorliegenden Bandes sind die Methoden der menschlichen Erblichkeitsforschung behandelt; es soll damit zum Ausdruck gebracht werden, daß die Hygiene es nicht nur mit der äußeren Umgebung des Menschen, sondern auch mit den in seiner Konstitution selbst begründeten Faktoren zu tun hat. — Den Schluß des Bandes bildet ein ausführliches Sachregister, das im Verein mit den gleichfalls eingehend ausgearbeiteten Inhaltsverzeichnissen die Benutzung des Handbuches erleichtern soll.

Wenn ich beim Abschluß des Werkes nochmals sämtlichen Herren Mitarbeitern für ihre aufopfernde Hingabe und sachkundige Leistung meinen Dank ausspreche, so habe ich zugleich die schmerzliche Pflicht zu erfüllen, eines der hervorragendsten Mitarbeiter pietätvoll zu gedenken, der noch während der Drucklegung dieses Bandes vom Tode dahingerafft worden ist. Arthur Korff-Petersen ist auf der Höhe des Lebens aus vollem Schaffen heraus vorzeitig abberufen worden. Der verehrte Verstorbene war durch seine reiche technische Begabung wie kaum ein Zweiter befähigt, die schwierigen Kapitel der Wohnungshygiene mit ihren technischen speziellen Anwendungsgebieten (Heizung, Lüftung, Beleuchtung) sowie die auf Gewerbehygiene und Gebrauchsgegenstände bezüglichen Methoden zu bearbeiten. Korff-Petersen, dem wir bekanntlich zahlreiche wertvolle Originalarbeiten und neue Methoden auf den genannten Gebieten verdanken, hat den umfangreichen und zum Teil spröden Stoff in einer souveränen Weise gemeistert, wie sie nur durch langjährige eigene Erfahrung erworben werden kann. Einige der von ihm übernommenen Kapitel hat Korff-Petersen,

675049

zum Teil gemeinsam mit seinem langjährigen Mitarbeiter W. Liese, noch selbst fertigstellen können; andere Abschnitte, an denen Korff-Petersen noch bis in die Tage der Krankheit gearbeitet hatte, die seinem Leben ein so frühes Ende bereiten sollte, sind dann in hingebender Weise von W. Liese übernommen worden, dem ich hierfür auch an dieser Stelle meinen besonderen Dank aussprechen möchte. Das Andenken an Arthur Korff-Petersen wird weit über unsere engeren Fachkreise hinaus stets in Ehren gehalten werden.

Schließlich möchte ich nicht verfehlen, am Abschluß dieses Handbuches nochmals dem Verlag Gustav Fischer (Jena) meinen ergebensten Dank auszusprechen für alle Förderung, die er in bekannter großzügiger Weise diesem unter schwierigsten Verhältnissen übernommenen und fortgeführten Werke hat angedeihen lassen.

Heidelberg, den 15. Oktober 1928.

E. Gotschlich.

Inhaltsverzeichnis zu Bd. III.

Seite

Die Untersuchungsmethoden der Kleidung.

(F. Schütz, Berlin.)

Einleitung 1

A. **Prüfung des Aufbaues der Gewebe** 3

I. Mikroskopische Untersuchung 3

1. Pflanzliches Material 4

2. Tierisches Material 5

II. Chemische Untersuchung der Kleiderstoffe 7

Unterscheidung von Wolle und Seide S. 9. — Unterscheidung von Leinen und Baumwolle S. 9. — Unterscheidung von Fasern aus reiner Zellulose (Baumwolle, Leinen) und verholzten Fasern (Hanf, Jute) S. 10.

B. **Prüfung des Verhaltens der Kleidung gegen Luft** 10

Flächeninhalt S. 10. — Flächengewicht S. 11. — Flächenvolum S. 11. — Spezifisches Gewicht S. 11. — Porenvolumen S. 11. — Permeabilität S. 12.

C. **Prüfung des Verhaltens der Kleidung gegen Wasser** 20

Hygroskopisch gebundenes Wasser S. 20. — Wasserkapazität S. 21. — Benetzbarkeit, Kapillares Aufsaugungsvermögen S. 22. — Verdunstung S. 22. — Adhäsion S. 23.

D. **Prüfung des Verhaltens der Kleidung in thermischer Beziehung** 23

Wärmeleitungsvermögen S. 24. — Wärmedurchgang S. 28. — Wärmestrahlungsvermögen S. 30. — Absorption für Strahlen S. 32. — Durchlässigkeit für Licht S. 39. — Einschränkung des Wärmeverlustes durch die Kleidung S. 42.

E. **Prüfung des Verhaltens der Kleidung in mechanischer Beziehung** 45

Zuschnitt der Kleidung S. 45. — Druck S. 45. — Glätte und Rauhigkeit S. 46. — Abnutzbarkeit S. 47. — Dicke S. 48. — Komprimierbarkeit S. 50.

F. **Prüfung des Verhaltens der Kleidung in chemischer Beziehung** 52

Appretur S. 52. — Farben und Beizen S. 53.

G. **Prüfung der Zersetzungsvorgänge in der Kleidung und der Aufnahmefähigkeit für Gase, Gerüche und Bakterien** 55

Literatur S. 62.

Gewerbehygienische Untersuchungsmethoden und Untersuchung der Gebrauchsgegenstände.

(A. Korff-Petersen (†), Kiel und W. Liese, Berlin.)

A. **Gewerbehygienische Untersuchungsmethoden** 63

I. Mortalität 64

II. Morbidität 66

III. Arten der Gesundheitsgefährdung 66

IV. Psychotechnische Arbeitsprüfung 68

V. Arbeitsräume 69

VI. Luftdruck 71

VII. Wärmeeinflüsse 71

Theorie des Katathermometers 73

VIII. Staubeinflüsse 77

IX. Giftiges Arbeitsmaterial 80

a) Anorganische nichtmetallische Gifte 83

1. Sauerstoff und Ozon S. 83. — 2. Ammoniak S. 83. — 3. Chlor, Brom und Jod S. 83. — 4. Salzsäure S. 85. — 5. Salpetersäure und salpetrige Säuren S. 85. — 6. Fluorwasserstoff S. 85. — 7. Phosgen S. 85. — 8. Schwefelsäure S. 86. — 9. Schweflige Säure S. 86. — 10. Schwefelwasserstoff S. 86. — 11. Arsen, Arsenwasserstoff S. 86. — 12. Antimon, Antimonwasserstoff S. 86. — 13. Phosphor S. 86. — 14. Phosphorwasserstoff S. 86. — 15. Phosphortrichlorid S. 86. — 16. Kohlenoxyd S. 86. — 17. Kohlendioxyd S. 86. — 18. Kohlenoxysulfid S. 86. — 19. Carbonyle S. 87.

Seite

b) Organische Gifte 87
1. Zyan und Zyanwasserstoff S. 87. — 2. Schwefelkohlenstoff S. 87. — 3. Merkaptan S. 88. — 4. Formaldehyd S. 88. — 5. Azetaldehyd S. 89. — 6. Azeton S. 89. — 7. Äther S. 89. — 8. Chloroform S. 89. — 9. Ameisensäure und Essigsäure S. 89. — 10. Akrolein S. 90. — 11. Methylalkohol S. 90. — 12. Äthylalkohol S. 90. — 13. Azetylen S. 91. — 14. Benzol S. 91. — 15. Anilin S. 91. — 16. Phenole S. 92. — 17. Organische Substanzen in der Luft S. 95.

X. Kontagien 96

B. **Untersuchung der Gebrauchsgegenstände** 97

I. Einleitung. Gesetzliche Bestimmungen 97

II. Analytische Vorbemerkungen 100
1. Vorbereitungen zur Analyse S. 100. — 2. Allgemeine Regeln für analytische Arbeiten S. 100. — 3. Einiges über die Reagentien S. 101. — 4. Die Vorproben S. 102. — 5. Lösungsversuche S. 102. — 6. Aufschlüsse S. 103. — 7. Der Sodaauszug S. 104. — 8. Allgemeines S. 105.

Übersicht über den Analysengang 106

III. Anorganische Stoffe 107
1. Zink S. 107. — 2. Zinn S. 110. — 3. Nickel S. 111. — 4. Blei S. 114. — 5. Kupfer u. Kadmium S. 123. — 6. Aluminium S. 125. — 7. Antimon S. 127. — 8. Arsen S. 130. — 9. Quecksilber S. 136. — 10. Chrom S. 138. — 11. Wismut S. 138. — 12. Barium S. 139. — 13. Uran S. 140. — 14. Mangan, Kobalt, Eisen, Kadmium, Silber, Gold und Platin S. 140.

IV. Gebrauchsgegenstände aus Kautschuk 141

V. Farben 144

VI. Zündwaren, Zündhölzer 149

Verzeichnis der zitierten Arbeiten 152

Untersuchung der Beleuchtung.

(A. Korff-Petersen (†), Kiel.)

A. **Physikalische Vorbemerkungen** 154

B. **Untersuchung der künstlichen Beleuchtung** 159

Photometer von Weber 162

Messung verschiedenfarbigen Lichtes. Flimmerphotometer 168

Methode gleicher Sehschärfe 169

Andere Photometer: Krüßsches Photometer 171

Wingens Helligkeitsprüfer 171

Wingens Beleuchtungsprüfer 172

Foot-Candle-Meter 173

Luxmeter 173

Apparate ohne Vergleichslichtquelle und chemische Lichtmeßverfahren . . 174

Flächenhelle (Leuchtdichte) 174

Wärmeproduktion 175

Schattenmessung 177

Gefahren der Beleuchtung 179

C. **Untersuchung der Beleuchtung von Arbeitsplätzen durch Tageslicht** 179

Öffnungs- und Einfallswinkel 180

Reduzierter Raumwinkel (Quadratgrad) 181

Konstruktive Ermittelung der Raumwinkelgröße 185

Öffnungswinkelmesser von F. Gotschlich 187

Weberscher Raumwinkelmesser 187

Himmelsflächenmesser nach Moritz 189

Raumwinkelmesser nach Pleier 190

Verfahren von Thorner 191

Das Relativphotometer 193

D. **Grundsätze für die Begutachtung der Beleuchtung** 194

Leitsätze der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft 196

Literatur 198

Lüftung.

(A. Korff-Petersen (†), Kiel und W. Liese, Berlin.)

(Bearbeitet von W. Liese.)

A. **Einleitung** 199

B. **Größe des Luftwechsels** 202

Seite

C. **Entstehung von Luftbewegungen im geschlossenen Raume** 205
I. Temperaturunterschiede 206
II. Windanfall 207
III. Selbstlüftung 208
IV. Druckdifferenz und Luftgeschwindigkeit 209
D. **Untersuchungsmethoden** 210
I. Lufttemperatur 210
II. Luftfeuchtigkeit 211
III. Luftdruck 211
IV. Chemische Untersuchungen der Luft 212
V. Messung von Luftbewegungen 212
Anemometer S. 212. — Drucklibelle nach Toepler S. 214. — Staugeräte S. 214.
VI. Bestimmung der natürlichen Ventilation (Selbstlüftung) 216
E. **Lüftungsarten** 217
I. Fensterlüftung 217
II. Saug- und Drucklüftung 218
III. Motoren 219
IV. Die Anordnung der Zuluft- und Abluftkanäle 221
V. Vorschläge für billige Lüftungsmaßnahmen in Kleinhäusern . . 222
VI. Andere Maßnahmen zur Verbesserung der Luftbeschaffenheit 223
F. **Luftreinigung** 225
Literatur 226

Heizung.

(A. Korff-Petersen (†), Kiel und W. Liese, Berlin.)

(Bearbeitet von W. Liese.)

A. **Allgemeines: Verbreitung und Übertragung der Wärme** 228
B. **Notwendiger Wärmeaufwand für die Heizung eines Raumes** 232
C. **Raum- und Außentemperatur** 235
D. **Die wichtigsten Formeln für den Wärmedurchgang durch ebene Wände. Wärmebedarfsberechnung** 235
Wärmedurchgangszahl S. 236. — Wärmedurchgangswiderstand S. 236. — Wärmeübergangszahlen S. 236. — Wärmeübergangswiderstand S. 236. — Wärmedurchlässigkeitszahl S. 237. — Wärmedurchlässigkeitswiderstand S. 237. — Wärmeleitzahl S. 237.
I. Wärmeübertragung durch Leitung in einer Luftschicht 241
II. Wärmeübertragung durch Konvektion in vertikalen Luftschichten 242
III. Wärmeübertragung durch Strahlung in einer Luftschicht . . . 242
Wärmebedarfsrechnung für ein Haus 244
E. **Über die richtige wärmetechnische Anlage und Ausgestaltung von Gebäuden** 250
F. **Heizungseinrichtungen** 253
I. Kamin- und Kanalheizung 256
II. Petroleumheizung 256
III. Gasheizung 256
IV. Elektrische Heizung 257
V. Eisenöfen 259
VI. Kachelöfen 266
VII. Luftheizung 270
VIII. Warmwasserheizung 272
IX. Dampfheizungen 276
Fernheizungen 280
G. **Brennstoffe, Feuerungskontrolle** 280
Literatur 282

Wohnung.

(W. Liese, Berlin und F. Weigmann, Kiel.)

A. **Wohnung und Gesundheit** 285
B. **Allgemeine Forderungen für einwandfreies Wohnen** 293
I. Bebauungsplan. Landesplanung 293
II. Straßen 294
III. Höhenregeln, Geschoßhöhen, Flächenregeln 295
IV. Bauweise. Keller- und Dachwohnungen (Durchlüftbarkeit) . . 297
V. Wasser. Abwässer. Müll 298

Seite

C. **Bauausführung des Hauses** 300
I. Bauplatz. Baugrund 300
II. Fundamente. Wohnungsfeuchtigkeit 303
III. Zwischenböden. Fußböden. Dächer 305
IV. Schornstein 305
V. Seitenwände 306
VI. Baustoffe 307
VII. Gebäudegrundriß 310
VIII. Orientierung der Räume nach den Himmelsrichtungen 311
IX. Raumzahl 312
X. „Typenhaus“ 313
XI. Ausstattung der Wohnung 313
D. **Untersuchung der Baumaterialien** 315
I. Bestimmung des Porenvolums 315
II. Die Bestimmung der Schnelligkeit der Wasseraufnahme und Wasserabgabe 316
III. Bestimmung der Luftdurchlässigkeit 316
IV. Bestimmung der Durchlässigkeit von Baumaterialien für Luftschall 318
V. Wärmeleitfähigkeit 318
VI. Bestimmung der spezifischen Wärme 319
VII. Untersuchung auf Frostbeständigkeit 319
VIII. Prüfung auf Feuerbeständigkeit 319
IX. Mechanische und chemische Prüfungen 319
X. Bestimmung der Mörtelfeuchtigkeit 320
1. Gravimetrische Methode nach Lehmann-Nußbaum 321
2. Methode nach Emmerich-Trautwein 321
3. Manometrische Methode nach Korff-Petersen 322
4. Alkoholmethode nach Markl 322
5. Methode nach Ballner 323
Anhang 323
1. Bestimmung der Wärmeableitung von Fußböden 323
2. Bestimmung der Besonnungsverhältnisse eines Hauses 324
3. Bestimmung der Dichtigkeit der Bebauung (Planimeter) 325
E. **Wohnungsstatistik** 325
F. **Biologie der Wohnung** 345
Literatur 350

Erregung, Ermüdung und Methoden zum Nachweis derselben bei geistiger und körperlicher Betätigung unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitshygiene.

(H. Griesbach, Gießen.)

A. **Erregung und Ermüdung in Beziehung zu Reizen und Selbststeuerung** 352
B. **Wesen und Arten der Reize** 353
C. **Theorien über das Wesen der Erregung** 355
D. **Theorien über das Wesen der Ermüdung** 356
E. **Methoden zum Nachweis von Erregung und Ermüdung** 360
I. Physiologische Methoden 361
1. Aktionsströme 361
2. Blutuntersuchungen 362
3. Blutdruckmessungen 364
4. Pulsuntersuchung 368
5. Anwendung des Plethysmographen 368
6. Muskeltonus 369
7. Härte und Resistenz der Muskeln 369
8. Untersuchung der Atmung 370
9. Untersuchung des Harns 380
10. Untersuchung der Sehnenreflexe 381
11. Bewegungsstudien 382

Seite

II. Psychologische Methoden . . . 383
1. Diktatschreiben . . . 383
2. Rechenmethoden . . . 383
3. Kombinationsverfahren . . . 386
4. Buchstabenstreichungsmethode . . . 386
5. Verfahren von Jaensch . . . 387
6. Wortassoziationsverfahren . . . 388
7. Dreiwortmethode . . . 388
8. Merkfähigkeit für Figuren . . . 389
9. Merkfähigkeit für Gegenstände oder Wörter . . . 389
III. Physiologisch-psychologische Methoden . . . 389
1. Reaktionszeitbestimmung . . . 390
2. Methoden mit Zug-, Druck-, Stoß- oder Drehbewegungen der Hand . . 394
a) Ergograph von Mosso . . . 394
b) Ergo- oder Dynamograph von Lehmann . . . 396
c) Dynamograph von Henry . . . 397
d) Kinematometer . . . 397
e) Klopfmethode . . . 397
f) Hantelmethode . . . 398
g) Palmograph . . . 398
h) Schätzung der Schwere von Gewichten . . . 399
i) Dynamometerversuche . . . 400
3. Nachweis von allgemeiner durch Ermüdung hervorgerufener Muskelunruhe (Kephalograph. Ataxiometer) . . . 401
4. Nachweis der Ermüdung aus dem Verhalten von Sinnesorganen . . . 401
a) Bei Beteiligung des Auges . . . 401
α) Prüfung der Akkommodation . . . 401
β) Prüfung des Augenmaßes . . . 402
γ) Erkennung von kontinuierlichen und diskontinuierlichen Linien 403
δ) Kolorimetrische Prüfung . . . 403
ε) Funktionelle Augenmuskelschwäche als Zeichen von Ermüdung 403
b) Bei Beteiligung des Ohres . . . 403
c) Bei Beteiligung der Haut (Ästhesiometer) . . . 404
5. Theoretische Betrachtungen über die Ursache der Größenverschiedenheit der Raumschwellen im Zustande der Erregung und Ermüdung . . . 415

F. **Erregung und Ermüdung in Beziehung zu Unfall und Leistungsfähigkeit** . . . 424

G. **Eignungsprüfung und Berufsberatung** . . . 437

H. **Einige Bemerkungen über Präparate, denen ermüdungsvorbeugende und leistungssteigernde Eigenschaften zugeschrieben werden** . . . 441

Literatur . . . 444

Spezielle schulhygienische Untersuchungsmethoden.

(H. Kliewe, Gießen.)

A. **Methoden der Körpermessungen am Lebenden unter besonderer Berücksichtigung des schulpflichtigen Alters** . . . 471

I. Periodenim Wachstumund Gewicht desjugendlichen Organismus 472
II. Methoden zur Messung von Körpergewicht, Körperlänge, Brustumfang, „Gesamtumfang“ u. a. . . . 475
1. Wägungen . . . 475
2. Messungen . . . 476
3. Indizes und Verhältniszahlen . . . 481

B. **Der Einfluß des Schulgebäudes und seiner Einrichtungen auf die Hygiene des jugendlichen Organismus** . . . 488

I. Schulgebäude . . . 488
II. Schulutensilien . . . 492
1. Subsellien . . . 492
2. Schulbücher und Schrift . . . 495

C. **Einfluß der Lehrpläne auf die Ermüdung** . . . 498

D. **Fürsorgeeinrichtungen vorbeugender Art für die Schuljugend** . . . 500

Literatur . . . 505

Seite

Die hygienischen Methoden zur Untersuchung der einzelnen Infektionskrankheiten.

(E. Gotschlich, Heidelberg.)

Einleitung 508

A. **Pathogene Bakterien** 511

I. Pathogene Kokken 511

1. Staphylococcus pyogenes S. 511. — 2. Pathogene Streptokokken S. 515. — 3. Pneumokokken S. 518. — 4. Gonokokken S. 521. — 5. Meningokokken S. 523. — 6. Micrococcus tetragenus S. 526.

II. Pathogene Bazillen 526

AA. Sporenbildner 526

1. Milzbrandbazillus S. 526. — 2. Tetanusbazillus S. 529. — 3. Andere anaërobe Wundinfektionserreger (Gasbrand, malignes Ödem, Rauschbrand) S. 531. — 4. Bac. botulinus S. 532.

BB. Nichtsporenbildende pathogene Bazillen 534

1. Bac. proteus S. 534. — 2. Bac. pyocyaneus S. 534. — 3. Bac. typhi abdominalis S. 535. — 4. Paratyphus -A-Bazillus S. 547. — 5. Paratyphus-B-Bazillen und Gruppen des Bacill. enteritidis Gärtner und Breslau S. 547. — 6. Bact. coli und Bac. lactis aerogenes S. 550. — 7. Ruhr- und Pseudodysenteriebazillen S. 551. — 8. Bac. pneumoniae Friedländer und andere schleimbildende Bazillen S. 554. — 9. Pestbazillus S. 555. — 10. Bact. tularense S. 561. — 11. Bac. melitensis S. 561. — 12. Bac. abortus Bang S. 563. — 13. Ulcus molle-Bazillus S. 563. — 14. Influenzabazillus S. 563. — 15. Bac. conjunctivitidis Koch-Weeks S. 566. — 16. Diplobazillus Morax-Axenfeld S. 566. — 17. Keuchhustenbazillus S. 566. — 18. Schweinerotlaufbazillus S. 567. — 19. Rotzbazillus S. 567. — 20. Diphtheriebazillus S. 569. — 21. Tuberkelbazillen S. 576. — 22. Leprabazillus S. 583.

III. Pathogene Vibrionen 584

1. Choleravibrio 584

B. **Pathogene pflanzliche Parasiten** 588

I. Pathogene Streptotricheen (Trichomyceten) 588

Strahlenpilze (Aktinomyceten) 588

II. Pathogene Faden- oder Schimmelpilze 589

III. Pathogene Sproß- oder Hefepilze 590

C. **Pathogene Spirochäten** 591

I. Allgemeine Methodik 591

II. Spezielles über die wichtigsten Spirochäten 591

1. Mundspirochäten S. 591. — Angina Plaut-Vincent S. 592. — 2. Rekurrensspirochäten S. 592. — 3. Spirochaete icterogenes (Weilsche Krankheit) S. 593. — 4. Leptospira icteroides (Gelbfieber) S. 593. — 5. Japanisches Siebentagefieber und kurzfristiges Fieber von Niederländisch-Indien S. 594. — 6. Rattenbißkrankheit S. 594. — 7. Multiple Sklerose S. 594. — 8. Framboesie S. 594. — 9. Lues (Syphilis) S. 594. — (Wassermannsche Reaktion S. 595).

D. **Pathogene Protozoen** 602

I. Allgemeine Methodik 602

II. Spezielles über hygienische Methodik betreffs Protozoen . . . 602

1. Ruhramöben S. 602. — 2. Darmflagellaten S. 604. — 3. Blutflagellaten: a) Trypanosoma gambiense, b) Trypanosoma rhodesiense, c) Schizotrypanum Cruzi S. 604. — 4. Leishmanien S. 605. — 5. Malaria S. 606. — 6. Rickettsien (Fleckfieber) S. 615.

E. **Submikroskopische Krankheitserreger** 617

1. Variola S. 618. — 2. Varicellen S. 620. — 3. Maul- und Klauenseuche S. 620. — 4. Tollwut S. 620. — 5. Poliomyelitis acuta S. 622. — 6. Masern S. 622. — 7. Scharlach S. 623.

F. **Methodische Notizen über Infektionskrankheiten durch Eingeweidewürmer** . . 624

I. Allgemeines 624

II. Darmschmarotzer 625

1. Oxyuris vermicularis S. 625. — 2. Ascaris lumbricoides S. 625. — 3. Trichocephalus dispar (Trichiurus) S. 625. — 4. Taenia solium S. 625. — 5. Taenia saginata (medicocanellata) S. 625. — 6. Dibothriocephalus latus S. 625. — 7. Hymenolepis nana S. 625.

III. Parasiten in inneren Organen 626

1. Ankylostoma duodenale S. 626. — (Necator americanus S. 626). — 2. Bilharzia (Schistosomum haematobium, Schistosomum mansoni, Schistosomum japonicum) S. 627 f. — 3. Trichina spiralis S. 628. — 4. Filarien S. 628. — 5. Echinokokkus S. 628.

Die Methoden zur Prüfung und Begutachtung der Desinfektion.

(W. Schürmann, Bochum.)

Einleitung: Entwicklungshemmung, Abtötung, bakterizider, sporizider Wert. Elektive Wirkungen 629

A. **Untersuchung der Desinfizientien und Desinfektionsverfahren** 630

Seite

I. Allgemeines . . . 630
1. Prüfung auf Entwicklungshemmung . . . 630
2. Prüfung auf keimtötende Wirkung . . . 631
a) Suspensionsmethoden . . . 632
b) Keimträgermethoden . . . 632
α) Seidenfädenmethode S. 632. — β) Granatenmethode S. 633. — γ) Batiststückchenmethode S. 635. — δ) Zentrifugiermethode S. 635.
c) Bestimmung des Phenolkoeffizienten . . . 635
α) Nach Rideal-Walker S. 635. — β) Nach Lancet S. 636.
II. Untersuchung der physikalischen Desinfektionsverfahren . . 637
1. Austrocknung . . . 637
2. Licht und andere Formen strahlender Energie: Sonne, ultraviolettes Licht, Phosphoreszenzlicht, elektrisches Bogenlicht, Eisenlicht, Kathodenstrahlen, Röntgenstrahlen, Radiumstrahlen, gasförmige Emanation 639
3. Elektrische Ströme und Entladungen . . . 639
4. Drucksteigerung . . . 639
5. Kältewirkung . . . 640
6. Hitze . . . 640
a) Trockene Hitze . . . 640
α) Verbrennung S. 640. — β) Abflammen S. 640. — γ) Bewegte trockene Luft (Vondran) S. 641.
b) Feuchte Hitze . . . 642
α) Auskochen im Wasser . . . 643
β) Dampf . . . 643
αα) Strömender ungespannter Dampf S. 643. — ββ) Gespannter Dampf S. 643. — γγ) Überhitzter Dampf S. 644.
Anhang: Verschiedene Dampfdesinfektionsapparate und Prüfung derselben 645
III. Untersuchung der chemischen Desinfektionsmittel . . . 650
1. Schwermetalle . . . 651
2. Schwermetallsalze . . . 651
a) Quecksilbersalze S. 651. — b) Silbersalze S. 652. — c) Kupfersalze S. 652. — d) Eisen-, Blei-, Nickel-, Kobald-, Chrom-, Baryumsalze S. 652. — e) Cer-, Thor-, Zirkonsalze S. 652.
3. Säuren . . . 653
4. Alkalien . . . 653
5. Neutralsalze . . . 655
6. Oxydationsmittel . . . 656
7. Halogene . . . 657
8. Kohlenstoffverbindungen der aliphatischen Reihe . . . 657
9. Organische Verbindungen der aromatischen Reihe . . . 658
10. Gasförmige Desinfizientien . . . 659
Anhang: Chemotherapie . . . 666
B. **Praktische Anwendung und Begutachtung der Desinfektionsverfahren** . . . 666
I. Laufende und Schlußdesinfektion . . . 667
II. Besondere technische Aufgaben der Desinfektion . . . 668
a) Sputumdesinfektion . . . 668
b) Desinfektion von Stuhl und Urin . . . 669
c) Händedesinfektion . . . 670
d) Ungezieferbekämpfung . . . 672
Anhang: Formulare für Dienstanweisungen . . . 679
Literatur . . . 686

Methoden der menschlichen Erblichkeitsforschung.

(F. Lenz, München.)

A. **Bemerkungen zur allgemeinen Methodenlehre der Naturwissenschaft** . . . 689
B. **Die methodologische Bedeutung der allgemeinen Erblichkeitslehre für die menschliche Erblichkeitsforschung** . . . 690
C. **Die Gewinnung familiengeschichtlichen Materials** . . . 692
D. **Die Auswertung des Materials** . . . 695
I. Monomere Merkmale . . . 695
1. Feststellung der Erblichkeit im allgemeinen . . . 695
2. Fehlerquellen und ihre Vermeidung . . . 697
a) Die Geschwistermethode . . . 697
b) Die Mängel der Geschwistermethode und ihr Ersatz . . . 700

Seite

3. Dominante Merkmale 702
4. Rezessive Merkmale 704
a) Rezessive geschlechtsgebundene Merkmale 704
b) Einfach rezessive Merkmale 704
II. Dimere Merkmale 706
III. Polymere Merkmale 707
IV. Korrelation von Merkmalen 709
V. Reihenvariabilität 711
1. Der Mittelwert M. 711
2. Die durchschnittliche Abweichung e 713
3. Die mittlere quadratische Abweichung σ 715
4. Der Fehler des Mittelwertes 715
5. Die kontinuierliche Variabilität 716
6. e und σ bei alternativer Variabilität 717
7. Der Aufbau der Variabilitätskurve 718
VI. Regression und Korrelation als Maße der Erblichkeit 720
1. Die Regression 720
2. Der Korrelationskoeffizient r 722
3. Der Korrelationsindex k 725
4. Die Abhängigkeit der Korrelation von der Häufigkeit der Merkmale . 727
VII. Die Zwillingsmethode 731
Literatur 739

Sachregister

(bearbeitet von Med.-Rat Privatdozent Dr. H. Kliewe, Gießen) . . 740

Die Untersuchungsmethoden der Kleidung.

Von

Franz Schütz, Berlin.

Mit 20 Abbildungen im Text.

Einleitung.

Die hygienische Untersuchung der Kleidung hat sich auf diejenigen Aufgaben und Eigenschaften der fertigen Kleider, der Stoffe und ihrer Grundelemente zu erstrecken, die für das gesundheitliche Wohlbefinden des Menschen von Wichtigkeit sind. Es seien daher vor der Schilderung der Untersuchungsmethoden der Kleidung diese Punkte hier kurz besprochen.

Der Körper des Menschen soll durch die Kleidung in erster Linie einen Schutz erhalten gegen die verschiedenartigsten Einflüsse, die durch die Bedingungen der Außenwelt gegeben sind. Aus diesem primitivsten Bedürfnis heraus kann man sich den Gebrauch der Kleidung auch ursprünglich erstanden denken. Hierher zählt die Beeinträchtigung des Wohlbefindens des Menschen durch Klima und Witterung. Die Kleidung stellt einen Schutz dar gegen zu heiße und zu kalte Temperaturen sowie ihren schroffen Wechsel. Auch der Wind ist hier in kalter Jahreszeit als ungünstiger, entwärmender Faktor zu erwähnen. Aufbau und Beschaffenheit der getragenen Gewebe, die Zahl der einzelnen Schichten von Kleidern machen diesen Schutz mehr oder weniger vollkommen. Weiter gehört hierher der Schutz gegen Nässe und Feuchtigkeit in jeder Form, gegen Niederschläge in Gestalt von Regen und Schnee und auch gegen Bodenfeuchtigkeit. Ausschlaggebend für diese Funktion der Kleider ist ihre Fähigkeit, Wasser aufzunehmen, eine Fähigkeit, die je nach der Qualität der verwendeten Grundstoffe verschieden groß ist und nahezu gleich null wird, wenn die Stoffe auf bestimmte chemische Art und Weise präpariert sind. Gegen die Bodenfeuchtigkeit schützt das Leder, das in bestimmter Weise zu mehr oder minder wasserdichten Schuhen verarbeitet ist. In vielen, besonders in heißen Zonen sind des ferneren die Einflüsse einer allzu intensiven Sonnenbestrahlung von Wichtigkeit, die durch die Kleidung abgewehrt werden sollen; die Art der Farben muß für diese Zwecke entsprechend gewählt werden. Ferner ist besonders für dieselben Breiten der Schutz vor Insektenstichen anzuführen, der die Menschen vor so manchen Infektionskrankheiten, wie Malaria, Gelbfieber, Schlafkrankheit, Pest und auch in anderen Zonen Fleckfieber, bewahren soll. Nicht vergessen werden darf der Schutz, der dem Körper des Menschen durch das Tragen einer Kleidung vor Stoß und Druck verliehen wird und der mehr oder minder, je nach der Elastizität und der Dicke der Gewebe, verschieden groß ist.

Je mehr der Körper des Menschen aber von Hüllen umgeben wird, die die angeführten schädigenden Einflüsse von ihm abzuhalten vermögen, desto mehr wird die von Natur aus vorhandene Fähigkeit der Haut beeinträchtigt, die täglich produzierten Wärme- und Wassermengen abzuführen. Jede Kleidung ist von unendlich vielen Hohlräumen durchsetzt, die mit Luft angefüllt sind und stark isolierende Schichten darstellen. Die Kleidung muß für Wärme trotzdem durchgängig sein und ein Verdunsten bzw. Aufsaugen des Wassers in Gestalt von Schweiß ermöglichen. Weiterhin muß die Kleidung eine gewisse Porosität besitzen und auch für Luft durchgängig sein, damit die Hautfunktion in möglichst unveränderter Weise vor sich gehen kann. In allen eben angeführten Beziehungen verhalten sich trockene Kleider günstiger als nasse; diese bewirken bei niedriger Außentemperatur eine zu große Entwärmung des Körpers und geben damit sehr leicht die Ursache zu Erkältungen und Erfrierungen ab.

Jedes Kleidungsstück, das den Körper wie eine feste Hülle umgibt, muß von ihm im wahrsten Sinne des Wortes getragen werden, d. h. das Kleidungsstück liegt dem Körper an bestimmten Stellen an oder auf. Nicht selten kommt es an diesen Unterstützungsstellen zu einem mehr oder minder starken Druck, der zu Einschnürungen, Beengungen und in besonders schweren Fällen zu dauernden Verkümmerungen und Verkrüppelungen des Körpers bzw. einzelner seiner Glieder oder Organe führt. Abgesehen von unschönen Deformitäten entstehen dadurch gesundheitsschädliche Stauungen, auch wird die Wärmeagabe des Körpers ungünstig beeinflußt. Die Anforderungen, die an den Schnitt der Kleider gestellt werden, gehen infolgedessen dahin, daß an keiner Stelle des Körpers ein Druck wie soeben besprochen, ausgeübt wird.

Für bestimmte Berufe, in denen z. B. mit Giften, Staub und ähnlichem gearbeitet wird, oder in denen Gelegenheit zu Unfällen in gehäufter Weise besteht, hat der Schnitt und die Beschaffenheit der Kleidung noch ganz besondere Ansprüche zu erfüllen. Grade hier ist das Moment des Schutzes besonders stark ausgeprägt, und zwar des Schutzes des Körpers vor den angeführten schädlichen Momenten.

Gelegentlich werden weiter zum Einfärben und beim Herstellen von Stoffen Farben und Beizen verwendet, die für den Körper Gifte darstellen und z. B. auf der Haut starke Reize und Ekzeme bewirken. Hierher gehören auch in gewisser Weise die Schädlichkeiten, die durch eine zu starke Appretur oder durch zu starkes Stärken der Wäsche entstehen. In letzterem Falle ist die Durchlässigkeit der Gewebe für Luft geradezu vollkommen aufgehoben und die Wärmeabgabe des Körpers stark beeinträchtigt. Eine Untersuchung der Kleider wird daher auch diese Punkte im Auge behalten müssen; die Anwendung von giftigen Farben und Beizen muß vermieden werden.

Die Untersuchungsmethoden der Kleidung sind in diesem Abschnitt ausführlich dargestellt, soweit sie in der hygienischen Literatur niedergelegt sind. In letzter Zeit ist nun von Mark eine Abhandlung: „Beiträge zur Kenntnis der Wolle und ihrer Bearbeitung“ bei Bornträger, Berlin, erschienen, auf die hier besonders hingewiesen sei, da sie sich mit den Untersuchungsmethoden befaßt, die die technische Seite der Frage behandelt.

Literaturverzeichnis.

Bischoff, Hoffmann und Schwiening, Lehrbuch der Militärhygiene, Bd. I. Hirschwald, Berlin 1910.

Flügge, C., Lehrb. d. hygienischen Untersuchungsmethoden. Veit & Co., Leipzig 1881. Ders., Grundriß der Hygiene. 9. Aufl. Veit & Co., Leipzig 1919.

Lehmann, K. B., Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. Bergmann, Wiesbaden 1901.
Rubner, Gruber, Ficker, Handbuch der Hygiene, Bd. I. Hirzel, Leipzig 1911.
Rubner, M., Lehrbuch der Hygiene. Leipzig und Wien. Denticke 1907.
Uhlenhuth-Dold, Hygienisches Praktikum. 2. Aufl. Urban & Schwarzenberg, Berlin Wien 1923.

A. Prüfung des Aufbaues der Gewebe.

I. Mikroskopische Untersuchung.

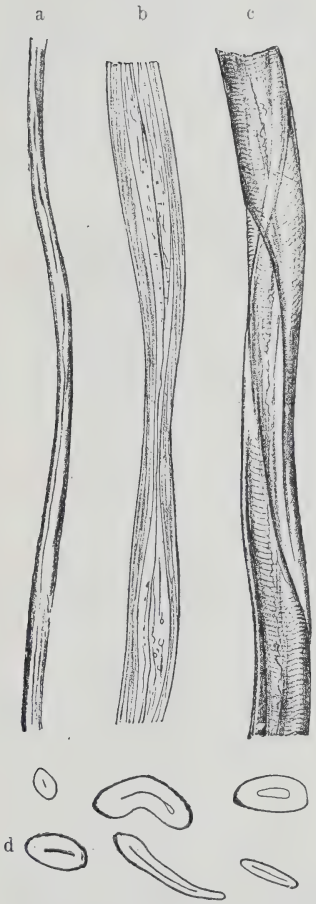


Fig. 1. Baumwolle. a, c Fasern, b Längsschnitt, d Querschnitt. Vergr. 400. (Nach Bischoff, Hoffmann, Schwiening, Militärhygiene, Bd. 1.)

Um die Natur der Fasern festzustellen, aus denen ein Kleidungsstück hergestellt ist, fertigt man ein mikroskopisches Präparat an, das man bei 250—300facher Vergrößerung betrachtet.

Die zur Herstellung von Kleidungsstoffen verwandten Farben, die Appretur und ähnliches stört die leichte Erkennung der Struktur der Stoffelemente, deshalb müssen die Stoffe zunächst durch mehrmaliges Auswaschen mit heißem Wasser von der Appretur befreit werden. In anderen Fällen müssen die Stoffe mit Alkohol ausgezogen werden, jedoch bleiben häufig Farbreste bestehen, da sie den nicht allzusehr eingreifenden Lösungsmitteln widerstehen.

Fig. 2. Baumwolle nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak. Vergr. 400. (Nach Bischoff, Hoffmann, Schwiening, Militärhygiene, Bd. 1.)

Nachdem der Stoff auf die geschilderte Art und Weise vorbehandelt ist, wird ein kleines Stück durch eine Lupe betrachtet und mit zwei Präpariernadeln zerzupft. Es ist hierbei besonders darauf zu achten, daß sämtliche Arten und Fäden, aus denen das Gewebe besteht, untersucht werden. Jede Fadensorte wird für sich allein betrachtet, indem man ein kleines Stückchen davon in Wasser oder in 20%igem Glyzerin auf einem Objektträger sorgfältig zerzupft und kleine Portionen davon gut verteilt in einem neuen Tropfen Wasser oder 20%igem Glyzerin mit einem Deckglas bedeckt.

Zur Herstellung von Gespinsten wird pflanzliches und tierisches Material verarbeitet. Die am häufigsten vorkommenden Fasern dieser Gespinste sind nun folgende:

1. Pflanzliches Material.

(Gefäßbündel aus Blättern, Stengeln, Wurzeln oder Samenhaare.)

a) Baumwolle (Kattun, Schirting, Musselin, Tüll, Köper, Barchent) wird aus den Samenhaaren von verschiedenen Gossypiumarten hergestellt. Es sind plattgedrückte, meist spiralig gewundene Fasern, mit einem ei- bis nierenförmigen bzw. platten Querschnitt. Ihre Länge beträgt 2—5 cm, ihr Durchmesser 12—42 μ. Die Enden der Fasern sind gewöhnlich abgerissen und unregelmäßig; werden sie befeuchtet, so erscheinen die Fasern gekräuselt oder korkzieherartig. An einzelnen Stellen verbreitern sie sich, dort findet man nicht selten eine Querstreifung in schrägen Linien. An einem Ende sind die Fasern oft kegelförmig zugespitzt, am anderen stumpf abgerundet, im Innern ist ein schmales Lumen vorhanden, das teils mit Luft, teils mit einer dünnen Schicht eingetrockneten Protoplasmas an-

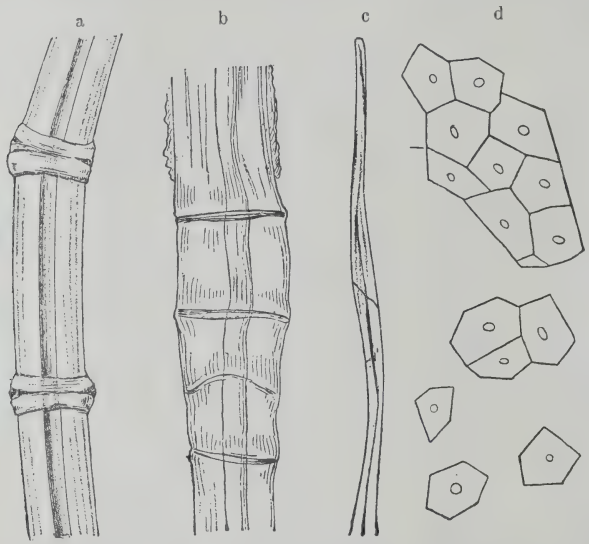


Fig. 3. Flachs (Leinen). a Faser mit Knoten und Verschiebungen (etwas schematisch). Vergr. 400. b Knoten. Vergr. 500. c Faserspitze, d Durchschnitte. Vergr. 400. (Nach Bischoff, Hoffmann, Schwiening, Militärhygiene, Bd. 1.)

gefüllt ist, während die Zellwand eine beträchtliche Mächtigkeit zeigt. Behandelt man das Präparat mit Kupferoxydammoniak und konzentrierter Schwefelsäure, so verkürzt sich die Faser um 40—60% und faltet sich dabei. Da durch diese Einwirkung das Protoplasma sehr stark quillt, so reißt die unlösliche Kutikula und rollt sich an einzelnen Stellen zu widerstandsfähigen Ringen zusammen, zwischen denen sich das gequollene Protoplasma vorbaucht.

b) Leinen. Das Bastgewebe des Flachses (linum usitatissimum) wird von der Oberhaut und dem Holzkörper durch einen Röstprozeß (eine Art Fäulnis oder Gärung) gelöst und diese Trennung mechanisch durch Klopfen, Brechen, Schwingen und Hecheln vervollständigt. Unter dem Mikroskop sieht man bei gut gehechelten Flachsen nur Bastzellen, aus reiner Zellulose bestehend, 40—60 μ lang, 12—26 μ dick. Die Faser ist glatt, walzenförmig, zeigt parallele Längsfalten, hat eine scharfe Spitze und besitzt eine gar nicht oder nur wenig hin- und hergebogene Gestalt;

in kleineren oder größeren Zwischenräumen befinden sich schräg oder schief über die Faser laufende Linien; es sind dies die Porenkanäle. Das Lumen ist meist auf eine dunkle Linie reduziert, stellenweise ganz verschwunden und ganz mit Protoplasma angefüllt. Die Querschnitte sind polygonal, scharfeckig.

c) Hanf und Jute (Chinagrasfaser) werden aus Bastfasern von Cannabis sativa oder von indischen Tiliaceen gewonnen und ähnlich wie beim Flachs behandelt. Die Hanffaser ist starrer als Leinen, der Hohlraum ist weiter, die Wände sind dicker. Am Ende zeigt sich häufig eine Gabelung. Die Jutefaser ist mehr bandförmig, sie zeigt schiefgestellte Porenkanäle, der Innenraum ist breiter als beim Flachs.

2. Tierisches Material.

a) Wolle. In der Regel ist das Schaf der Spender der Wolle, und je nach der Rasse der Tiere bestehen Unterschiede nach Länge, Kräuselung

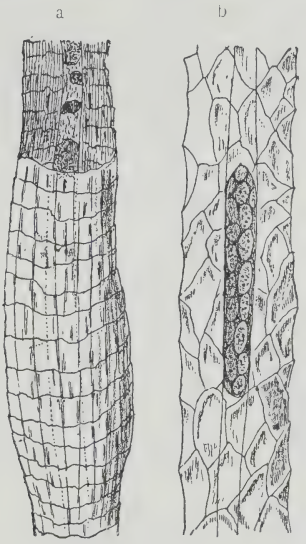


Fig. 4. Wolle. a Theißwolle, b russische Zackelwolle. Vergr. 450.

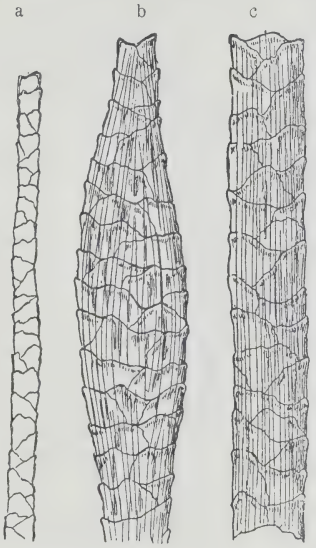


Fig. 5. Wolle. a und c Elektoralwolle, b Lammwolle. Vergr. 400.

(Nach Bischoff, Hoffmann, Schwiening, Militärhygiene, Bd. 1.)

und Feinheit des Haares. Als Elektoralwolle werden die feinen Wollhaare des Merinoschafes bezeichnet, ihre Dicke ist nur $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{3}$ so groß wie die der anderen Sorten. Zu diesen zählen die Grannenwollhaare und die aus Grannen- und Wollhaaren gemischten der anderen Schafrassen. Alpakawolle stammt von einer Lamaart. Als Streichwolle bezeichnet man die kurze, stark gekräuselte Wolle, die zur Herstellung von Flanellstoffen, von Fries und Buckskin benutzt wird; als Kammwolle diejenige, aus der man glatte Wollzeuge mit langen, festen Haaren verfertigt. Die rohe Wolle muß durch Waschen mit Wasser und später mit alkalischen Flüssigkeiten von Schweiß und Fett gereinigt werden, dabei geht 20—70% des Anfangsgewichtes zu Verlust. Die Länge der einzelnen Faser beträgt 4—32 cm, ihre Dicke schwankt auch bei derselben Sorte sehr stark, zwischen 0,014 und 0,06 mm. Wollhaare machen den Eindruck von tannenzapfenartigen

Gebilden, die zylindrisch rund sind. Sie tragen an der Oberfläche kleine, dachziegelartig übereinanderliegende Kutikularplättchen, die mit ihren oberen Rändern nach außen stehen, während sie mit den unteren die inneren, markigen Teile des Haares berühren. Eine eigentliche Marksubstanz fehlt jedoch den Wollhaaren fast vollständig, bei den Grannenhaaren dagegen bestehen je nach ihrer groben Beschaffenheit Markzylinder von mehr oder weniger großen Ausdehnung.

Bei alter, getragener Wolle zerfällt die Faser allmählich in einzelne Fibrillen, die Schüppchen verlieren sich, die Querstreifung verschwindet.

Ein ähnliches Bild zeigt die sogenannte Kunst- oder Lumpenwolle (Shoddy, Mungo). Diese wird dadurch gewonnen, daß bereits fertige

Fig. 6. Kunstwollfasern (Shoddy, Mungo). Vergr. 450.

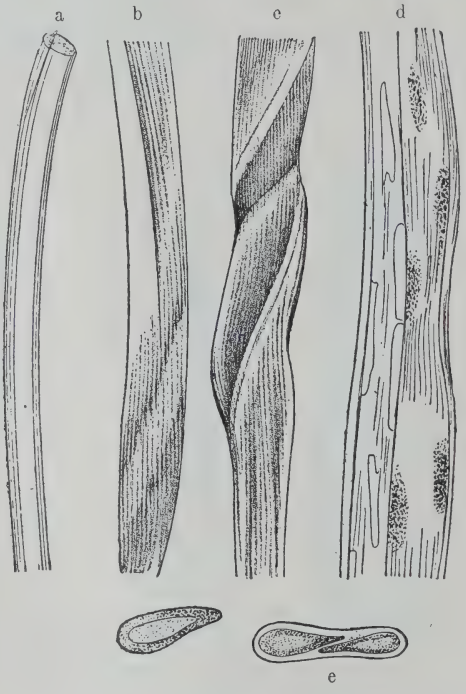


Fig. 7. Seide. a glatte Faser, b Faser mit Kreuzungsstelle, c wulstig aufgetriebene Faser, d Faser mit Körnerhaufen und Längsspalten, e Querschnitt. Vergr. 400.

(Nach Bischoff, Hoffmann, Schwiening, Militärhygiene, Bd. 1.)

Wollstoffe oder Wollumpen zerrissen oder zerkratzt und mit neuer Schafwolle, oft aber auch mit Leinen- und Baumwollfasern vermischt und zu neuen Geweben verarbeitet werden. In manchen Fällen werden dagegen die im ursprünglichen Gewebe vorhandenen Leinen- und Baumwollfasern zerstört, und zwar durch Säureeinwirkung (Karbonisierung). Lumpenwolle ist äußerlich von neuer Wolle schwer zu unterscheiden, im mikroskopischen Bilde dagegen sieht man die zerfallenen Wollfasern, die außerdem nur 5 bis höchstens 20 cm lang und an den Enden ausgefasert sind.

b) Seide. Die Rohseide ist der abgewickelte Faden des Kokons des Seidenspinners (Bombyx mori), der die Puppe umgibt. Wenn die Raupe sich nach mehrmaliger Häutung zur Verpuppung einspinnen will,

sondert sie durch zwei im Kopfe gelegene Drüsen eine klebrige Flüssigkeit in Gestalt von zwei Fäden ab, die in einem gemeinsamen Ausführungsgang durch das Sekret von zwei anderen Drüsen miteinander verklebt werden. Der Faden der Rohseide besteht also aus der eigentlichen Grundsubstanz, dem Fibrolin, und der klebenden gelblichen Masse, dem Sericin, die bei der Behandlung mit Wasser oder Seifenlösung ausgezogen wird. Die Handelsseide besteht aus den einzelnen freien weißen Fäden.

Außer vom Seidenspinner, der die echte Seide liefert, gewinnt man noch Seide von den Raupen verschiedener anderer tropischer Schmetterlinge. Das Produkt von wilden indischen Kokons nennt man Tussahseide.

Die Seidenfasern sind die dünnsten aller Fasern, sie haben nur 8 bis 24 μ im Durchmesser, sind vollkommen glatt, strukturlos und ohne Innenhöhle.

Die Kunstseide erhält man dadurch, daß Nitrozellulose in Äther gelöst und durch äußerst feine Löcher mit einem Querschnitt von 0,08 mm bei 40—50 Atmosphären Druck gepreßt wird. Die sehr feinen Fäden werden ihrer Feuergefährlichkeit wegen später denitriert, meist mit Schwefelammonium oder anderen Reduktionsmitteln.

Die beigegebenen Abbildungen zeigen die mikroskopischen Bilder der Stoffelemente.

Zur Untersuchung der Gewebe müssen die Stoffe mit dem Mikrotom geschnitten werden, nachdem sie in eine geeignete Härtungsmasse eingebettet worden sind.

Etwa 1 qcm große Stücke des zu untersuchenden Stoffes kommen für 24 Stunden in eine Mischung von gleichen Teilen absoluten Alkohols und Äther, darauf für weitere 24 Stunden in eine zähflüssige, dicke Lösung von Zelloidin in Alkohol und Äther. Hierauf klebt man die Stückchen mit Hilfe des Zelloidins auf einen Kork, der in die Klemmen des Mikrotoms paßt. Nachdem das Zelloidin fest geworden ist, wird der Kork mit dem Material auf 24 Stunden in 60%igen Alkohol gelegt, wo nach dieser Zeit die Schnittkonsistenz erreicht ist. Die Stoffstücke dürfen nur mit der Pinzette beim Übertragen von einer Lösung in die andere angefaßt werden. Die Mikrotomschnitte (nicht unter 0,05 mm dick) kommen zunächst in wässerigen Alkohol, dann werden sie mit dem Spatel auf einen Objektträger übertragen, mit Fließpapier abgepreßt, mehrere Male mit frischem Anilinöl übergossen und endlich mit Xylol ausgewaschen, so daß das Anilinöl vollständig entfärbt ist. Schließlich beseitigt man das überflüssige Xylol und klebt ein Deckglas mit Xylol-Kanadabalsam auf.

Den mikroskopischen Aufbau der Stoffe ersieht man aus den folgenden Abbildungen (Fig. 8, S. 8).

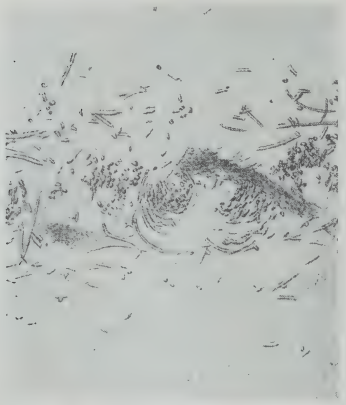
II. Die chemische Untersuchung der Kleidungsstoffe

gibt zunächst Antwort auf die Frage nach ihrer tierischen oder pflanzlichen Herkunft.

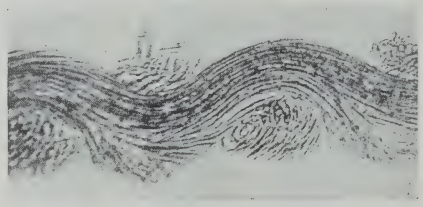
a) Verbrennt man die Gewebe, so entzünden sich tierische Fasern schwerer als pflanzliche, sie brennen schwerer als diese und riechen nach verbrannten Haaren, Federn oder Horn. Sie liefern eine feste, schwammige Kohle, die die Struktur des Gewebes nicht mehr erkennen läßt, während bei den pflanzlichen Fasern eine leicht zerfallende Asche erhalten wird und kein intensiver Geruch entsteht. Auch kann man bei diesen nach dem Verbrennen immer noch den ursprünglichen Bau des Gewebes erkennen. Seide wird von künstlicher Seide dadurch unterschieden, daß die erste beim Verbrennen eine blasige Kohle, die letzte eine weißliche Asche ergibt. Gegenüber angefeuchtetem Lackmuspapier verhalten sich die Dämpfe, die beim Verbrennen entstehen, so, daß bei tierischem Material rotes Papier gebläut bei pflanzlichem blaues Papier gerötet wird.

b) Mäßig konzentrierte Natron- oder Kalilauge (10%ig) lösen besonders beim Erwärmen tierische Fasern auf, pflanzliche dagegen nicht. Antiformin bewirkt dasselbe bereits in der Kälte. Die bei der Wolle erhaltene Lösung enthält reichlich Schwefelkali, das durch Nitroprussidnatrium nachzuweisen ist. Seide gibt diese Reaktion nicht. Ist die Wolle gefärbt, so daß die Farbe die Ausführung der Reaktion hindert, so muß das Gewebe mit Soda-Salpeter vorher eingeschmolzen werden. Ferner ist darauf zu achten, daß etwa vorhandene Sulfate durch Behandlung des Stoffes mit heißem Wasser vorher ausgewaschen werden.

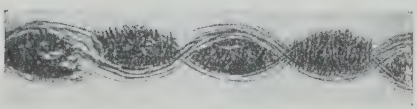
c) Kocht man mit Salpetersäure, so werden Wolle und Seide gelb, während pflanzliche Fasern farblos bleiben. Leinenfasern sind gegen starke Säuren widerstandsfähiger als solche aus Baumwolle. Wäscht man Ge-



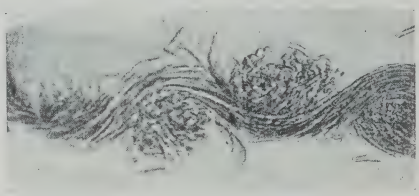
Flanell (Wolle) 1 : 20.



Barchent 1 : 50.



Seide 1 : 50.



Leinen 1 : 50.

Fig. 8.
(Nach Rubner, Arch. f. Hyg. 1895, Bd. 23.)

websstücke gut aus, trocknet sie und bringt sie ½—2 Minuten in englische Schwefelsäure, die unter Reiben mit den Fingern darauf wieder ausgespült wird, und überträgt man darauf das Gewebe in verdünntes Ammoniak, worauf wieder eine Trocknung erfolgt, so bleibt die Leinenfaser bestehen, die Baumwollfäden lösen sich auf.

d) Mit basischen Anilinfarben ebenso mit Pikrinsäure, werden die tierischen Fasern, Wolle und Seide, ebenso gefärbt wie pflanzliche Fasern. Während aber die tierischen Fasern die Farbe behalten, wenn man die Gewebe mit Wasser wieder auswäscht, geben die vegetabilischen Fasern die Farbe wieder ab.

Zur Ausführung der Reaktion löst man Fuchsin in kochendem Wasser auf und fügt tropfenweise Ammoniak hinzu bis zur Entfärbung. Einige Minuten lang wird nun das Gewebe in die heiße Lösung getaucht, dann

wäscht man es mit Leitungswasser wieder aus. Hierbei werden die tierischen Fasern tiefrot, die pflanzlichen dagegen nur schwach rötlich.

Lehmann gibt folgende Anweisung über die Ausführung dieser nach Böttger genannten Fuchsinprobe:

In einer 1%igen alkoholischen Fuchsinlösung färben sich die Stoffe rot, in einer wässerigen Ammoniaklösung soll Baumwolle farblos werden, Leinen rosa bleiben. Lehmanns Versuche ergaben, daß sich nur die ungeklärte und halbgeklärte Leinwand dauernd rot färbt, gut gebleichte (geklärte) Leinwand sich dagegen wie Baumwolle verhält. Interessant ist der Umstand, daß die übrigbleibende Rotfärbung der ungebleichten Leinwand nicht den Bastfasern selbst, sondern Massen, die zwischen den Bastfasern liegen, zukommt. Schon makroskopisch, besonders schön aber mikroskopisch erkennt man oft sehr uncharakteristisch geformte rote Schollen usw., deren Zellstruktur nur selten festzustellen ist, zwischen den farblosen Bastfasern. Je feiner und vollständiger gebleicht die Flachsfasern sind, um so schwächer werden die Färbungen.

Nach einer anderen Methode von Böttger soll nach 2 Minuten langem Kochen mit Kalilauge (1:2), darauffolgendem Auswaschen und Trocknen zwischen Filtrierpapier, Leinen tiefgelb, Baumwolle weißlich erscheinen. Bei Lehmanns Versuchen wurde die Farbenreaktion nur bei ungeklärter Leinwand kräftig; die gebleichten Sorten zeigten eine schwachgelbe Nuance. Dieselbe wurde aber auch bei einer Baumwollsorte beobachtet, wenn auch noch ein wenig schwächer.

Seide löst sich in konzentrierter Chlorzinklösung auf; man löst zur Bereitung des Reagens 1000 g Chlorzink und 40 g Zinkoxyd in 850 ccm Wasser.

e) Molischsche Reaktion: Ein kleines Stück des zu untersuchenden Stoffes wird, wenn nötig, zerfasert, gründlich und wiederholt mit Wasser ausgekocht und gewaschen, ohne die Appretur zu entfernen. Dann überträgt man das Stoffstückchen in ein Reagenzglas, tut 1 ccm Wasser dazu sowie 2 Tropfen einer 20%igen alkoholischen α-Naphthollösung und 1 ccm konzentrierte Schwefelsäure. Pflanzliche Fasern geben dann eine tiefviolette Färbung. (An Stelle der alkoholischen α-Naphthollösung kann man auch eine gesättigte, wässerige Thymollösung nehmen, nur muß man dann 2 ccm konzentrierte Schwefelsäure hinzufügen. Die Farbe ist dann rot.)

Die Unterscheidung von Wolle und Seide.

a) Bringt man Wolle- oder Seidenfäden in konzentrierte Schwefelsäure, so löst sich die Seide schnell, Wolle dagegen langsam.

b) Gegenüber alkalischer Bleizuckerlösung verhält sich Wolle beim Erwärmen so, daß sie infolge der Bildung von Schwefelblei braun bis braunschwarz wird, Seide dagegen nicht.

c) Kupferoxydammoniak bringt Wolle zum langsamen Quellen, Seide dagegen bleibt unverändert. (Das Reagens wird hergestellt, indem Kupfersulfatlösung mit Ammoniak so lange versetzt wird, bis sich der entstandene Niederschlag wieder zu lösen beginnt. Der Niederschlag wird dann gut gewaschen, zwischen Filtrierpapier gepreßt und endlich bis zur Sättigung eingetragen.)

Die Unterscheidung von Leinen und Baumwolle.

a) Leinen- und Baumwollfasern können nach der unter I. c) angegebenen Reaktion unterschieden werden. Im einzelnen berichtet hierüber Lehmann:

Durch konzentrierte Schwefelsäure wird Baumwolle schneller gelöst als Leinwand. In den Versuchen wurden Streifen von drei Leinen- und drei Baumwollproben in konzentrierte Schwefelsäure eingehängt. Nach ca. ½ Stunde waren die Baumwollstreifen im Niveau der Oberfläche der Säure aufgelöst und schwammen sichtlich angegriffen in

der Flüssigkeit. Nach einer weiteren ¼ Stunde waren sie vollständig aufgelöst. Nach diesem Zeitraum wurden auch die Leinwandstreifen im Niveau der Säure zerfressen, wobei die ungeklärte Leinwand am längsten widerstand. Nach weiteren 20 Minuten lösten sich auch die Leinwandstreifen vollständig auf. Auch hier zeigte sich die ungeklärte Leinwand am längsten erhalten.

b) Mit Kupferoxydammoniak, dessen Herstellung unter II. c) nachzulesen ist, ergibt Baumwolle eine leichte Löslichkeit, wohingegen Leinen nur eine leichte Quellung zeigt.

c) Das von der Appretur durch Auskochen im Wasser befreite Gewebsstück wird auf eine Glasplatte gelegt, mit fettem Öl im Überfluß gut durchtränkt und unter Vermeidung von Luftblasen mit einer kleineren Glasplatte bedeckt. Die Leinenfaser erscheint im durchgehenden Lichte transparent (hell), die Baumwollfaser dunkler. Das Umgekehrte beobachtet man im auffallenden Lichte. Diese durch Einfachheit ausgezeichnete Probe gewinnt noch an Schärfe, sobald man sie mit in Methylenblau gefärbten Gewebsstücken ausführt.

Die Unterscheidung von Fasern aus reiner Zellulose (Baumwolle, Leinen) und verholzten Fasern (Hanf, Jute).

Man breite die Fasern in Wasser oder Glyzerin auf einem Objektträger aus und bedecke sie mit einem Deckglas. Nun bringe man auf die eine Seite des Deckgläschenrandes einige Tropfen Lugolscher Lösung, auf die entgegengesetzte Seite ein Stückchen Fließpapier, so daß die Jodlösung unter dem Deckgläschen durchgesogen wird. Nach 2—5 Minuten bringt man ebenso 1—2 Tropfen Schwefelsäure (1 : 3) unter das Deckglas.

Die reine Zellulose färbt sich blau (Zellulosenreaktion), die verholzten Fasern dagegen nehmen eine bräunlich-gelbe Farbe an.

Literaturverzeichnis.

Lehmann, K. B., Vergleichende Untersuchungen über die hygienischen und technischen Eigenschaften glatter, weißer Leinwand und Baumwollgewebe. Arch. f. Hyg. 1907, Bd. 60.

Rubner, M., Die mikroskopische Struktur unserer Kleidung. Arch. f. Hyg. 1895, Bd. 23, S. 1.

B. Prüfung des Verhaltens der Kleidung gegen Luft.

Das mikroskopische Bild der Fasern und der Stoffe zeigt die für den Wärmeschutz so wichtigen lufthaltigen Hohlräume der Kleidung, die den Körper nach außen isolieren. In den Fäden selbst sind kleine Hohlräume, die sogenannten Fadenräume, eingeschlossen mit einem Durchmesser bis zu 0,05 mm. Zwischen den Fäden, innerhalb der Gewebe, sind größere Lufträume vorhanden, die Zwischenfadenräume, die besonders bei Wolle sehr groß sind. Die Kontakträume entstehen dort, wo die Schichten der Kleidung aufeinanderliegen, sie sind durch die Faltenbildung sehr leicht variierbar.

Um ein Maß für den Luftreichtum eines Gewebes zu geben, benutzt man das Porenvolumen. Dieses gibt an, wieviel Luft in 100 Teilen des Stoffes vorhanden ist. Zur Berechnung des Porenvolumens geht man folgendermaßen vor.

Mit einem Locheisen schlägt man eine Anzahl Stoffstückchen aus dem zu untersuchenden Stoffe heraus und bestimmt den Flächeninhalt eines jeden dieser Stückchen nach der Formel $J = r^2\pi$. Darauf wird jedes

Stückchen bis auf Zentigramme genau gewogen, der Durchschnitt genommen und auf 100 qcm Stoff aufgerechnet. Man erhält so das Flächengewicht. Berücksichtigt man nun die mit dem Sphaerometer (vgl. weiter unten Fig. 19, S. 51) in Zentimeter festgestellte Stoffdicke, so erhält man durch Multiplikation dieser Zahl mit 100 qcm das Flächenvolumen in Kubikzentimeter. Die Division des Flächengewichtes durch das Flächenvolumen ergibt das spezifische Gewicht des Stoffes. Das spezifische Gewicht der festen Bestandteile der Stoffe ist nun bei allen Faserarten ungefähr gleich groß, nämlich 1,3. Mit Hilfe des oben ermittelten spezifischen Gewichtes des Stoffes wird das Gewicht von 100 Volumeneinheiten dieses Stoffes durch Multiplikation beider Größen erhalten. Dividiert man nun diese Zahl durch 1,3, das spezifische Gewicht der Fasern, so bekommt man das Volumen, das die Fasern in 100 Volumeneinheiten des Stoffes einnehmen. Diese Zahl von 100 subtrahiert, ergibt das Porenvolumen des Stoffes.

Folgende Zusammenstellung zeigt Dicke, Flächengewicht, spezifisches Gewicht und Porenvolumen einiger Stoffe.

	Dicke in mm	100 qcm wiegen	Spez. Gewicht	Porenvolum ‰
Feine Baumwolle	0,17	1,23	0,768	520
Etwas stärker	0,31	1,49	0,480	489
Grobes Leinen	0,4	2,66	0,665	489
Seidentrikot	0,6	1,5	0,250	832
Baumwolltrikot	1,01	2,17	0,199	847
Wolltrikot	1,12	2,01	0,179	863
Leinentrikot	1,10	3,61	0,388	733
Baumwollflanell	1,19	1,77	0,146	888
Leichter Wollflanell	1,70	1,96	0,115	923
Starker Wollflanell	3,00	2,86	0,095	
Sommerkammgarn	1,00	3,58	0,302	725
Winterkammgarn	2,5	5,95	0,238	817
Frühjahrsüberzieher	2,2	5,40	0,243	813
Sommerüberzieher	5,6	8,19	0,146	888

Das Porenvolumen ist, wie die Werte aus der letzten Kolumne zeigen, erstaunlich hoch, die Feststellung der Permeabilität für Luft daher sehr naheliegend. Rubner zeigte mit folgendem Apparat, der für Vorlesungszwecke gut zu gebrauchen ist, die verschiedene Permeabilität der einzelnen Stoffe (Fig. 9, S. 12).

Ein Stativ a ist mit zwei vertikal stehenden Trägern verbunden. Der eine Träger dient zur Befestigung einer Gasröhre b mit vier seitlichen Schlauchansätzen. Gummischläuche vermitteln die Verbindung mit vier gleich großen Kapseln, in welchen die Kleidungsstoffe eingeschlossen sind; sodann gelangt das Leuchtgas durch weitere Gummiverbindung nach den vertikal gestellten Gasröhren mit Einlochbrennern. Getragen werden letztere durch eine Stütze, die auf dem Fuße des Stativs a befestigt ist.

Die wesentlichen Teile sind demnach die Kapseln C_1, C_2, C_3, C_4 und die Brenner.

Die innere Einrichtung der Kapsel ist folgende:

Der Deckel derselben ist mittels Gewinde aufschraubbar. Das Lumen der Kapsel hat auf ungefähr $\frac{3}{4}$ cm vom Boden eine Hervorragung. Auch die Zuleitung des Gases tritt bis zu dieser Ebene vor. Der zum Experiment dienende Stoff wird eingelegt und lagert auf der Hervorragung und dem Gaseintrittsrohr. Damit letzteres durch den Stoff nicht geschlossen werden kann, besitzt es auch seitliche Öffnungen.

Auf dem Rand, auf welchem der Stoff liegt, wird dann ein Metallring, der ganz genau eingepaßt ist, aufgesetzt, und wenn man jetzt den Deckel aufschraubt, so drückt dieser gleichzeitig den Ring fest auf den Stoff. Es muß daher das Leuchtgas, welches die Kapsel durchsetzen will, durch den eingebrachten Kleidungsstoff hindurchtreten.

Manchmal lagern sich Bestandteile des Leuchtgases an dem Stoff ab, weshalb man gut daran tut, von Zeit zu Zeit die älteren Gewebe durch frischere zu ersetzen. Man achte noch darauf, daß die Brenner gleiche Querschnitte haben; man prüft zu diesem Zwecke, ehe man den Apparat mit Stoffen beschickt, die Flammen auf ihre Höhe.

Genauere Messungen machte Rubner mit der nachstehend beschriebenen Apparatur (s. Fig. 10).

Die Permeabilität eines Stoffes für Luft ist abhängig von verschiedenen Faktoren. Diese sind gegeben durch:

1. Die Art des Stoffes.
2. Die Größe des Druckes, mit dem die Luft durch den Stoff hindurchgetrieben wird.
3. Die Dicke des Stoffes.

Je dichter und dicker der Stoff, je kleiner der wirksame Druck ist, um so weniger Luft wird durch ihn hindurchtreten können und umgekehrt. Zur Bestimmung der Permeabilität müssen daher gleiche Versuchsbedingungen gewählt werden.

Man bezeichnet nun als Permeabilitätskoeffizienten diejenige Sekundenzahl, die angibt, wie lange es dauert, bis durch eine Fläche von 1 qcm, einer Dicke von 1 cm und einem Wasserdruck von 0,042 cm 1 ccm Luft hindurchgeht. Der gewählte Wasserdruck entspricht dem Druck der sogenannten Windstille im Freien.

Zur Feststellung dieses Permeabilitätskoeffizienten dient folgende Apparatur:

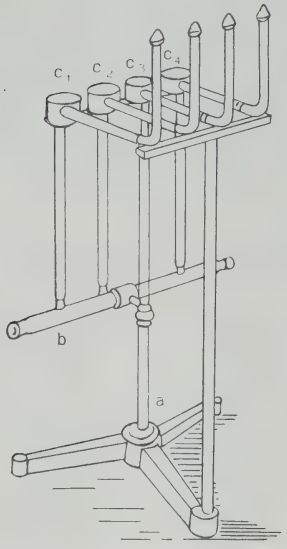


Fig. 9. Apparat zur Demonstration der Luftdurchgängigkeit von Kleidungsstoffen. (Nach Rubner, Arch. f. Hyg. 1896, Bd. 27.)

Mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe wird ein Unterdruck erzeugt, der durch eine dreihalsige Woulffsche Flasche konstant gehalten wird. Hinter dieser Flasche mißt eine Gasuhr diejenige Menge Luft, die durch eine über einem Zylinder glatt ausgespannte Stoffschicht hindurchgesaugt wird. Der Druck wird mit Hilfe von einem Recknagelschen Differentialmanometer gemessen, das an den eben erwähnten Zylinder angeschlossen ist.

Will man die Bestimmung ausführen, so spannt man die Kleidungsstoffe, ohne sie zu zerren, über einen Messingring aus. Dieser taucht in ein mit Öl gefülltes, ringförmiges Bassin, das den Rand eines mit zwei Schlauchansätzen versehenen zylindrischen Gefäßes umgibt. Den einen Schlauchansatz verbindet man nun mit dem weiten Schenkel des Differentialmanometers. Dieses wird mit Hilfe einer Libelle durch Stellschrauben genau horizontal aufgestellt und der enge Schenkel so weit geneigt, daß er mit der Horizontalen einen Winkel von 6° bildet. Dabei ist folgende Überlegung maßgebend. Wie oben gesagt, soll der wirksame Druck 0,042 cm vertikaler Wassersäule entsprechen. Da das Manometer nun mit Petroleum gefüllt wird, dessen spezifisches Gewicht 0,8 beträgt, so ist die Höhe der erforderlichen Petroleumsäule 0,052 cm. Diese Druckdifferenz wird an dem engen Schenkel abgelesen, wobei der Meniskus sich um 0,5 cm verschieben soll. Die Neigung des engen Schenkels muß daher so beschaffen sein, daß der Sinus des mit der Horizontalen gebildeten Winkels 0,052:0,5 beträgt. Diesem Sinus entspricht ein Winkel von 6°. Zum Versuch füllt man das Manometer so weit mit Petroleum, daß der Meniskus im engen Schenkel etwa beim Teilstrich 8,5 steht.

Der zweite Schlauchansatz des oben beschriebenen Zylinders wird mit einer Gasuhr verbunden, die genau geeicht sein muß, damit man weiß, wieviel Liter Luft einer vollen Umdrehung der Trommel entsprechen. Auch die Gasuhr wird mit Hilfe von Stellschrauben und einer Libelle genau horizontal eingestellt und durch einen Fülltrichter in ihrer Decke bis zur Nullmarke ihres Wasserstandszeigers mit Wasser gefüllt. Sollte zuviel Wasser eingegossen worden sein, so muß das überflüssige durch das seitliche Röhrchen entfernt werden. Nach vollzogener Füllung werden beide Öffnungen der Gasuhr wieder dicht verschraubt.

Der Tubus in der Decke der Gasuhr wird an die Woulffsche Flasche angeschlossen, die als Druckregler dient. Ihre drei Hälse sind durch einfach durchbohrte Gummistopfen verschlossen, in deren Bohrungen beiderseits offene Glasröhrchen stecken. Während eins von diesen Röhrchen mit der Gasuhr verbunden ist, wird das zweite an die Wasserstrahlpumpe angeschlossen. Über das dritte Röhrchen ist ein Schlauch gezogen, der mit einem Schraubenquetschhahn verschlossen ist. Wird die Wasserstrahlpumpe in Tätigkeit gesetzt, so muß dieser Hahn so weit geöffnet werden, daß die Druckdifferenz am Manometer genau 0,5 cm beträgt.

Wenn der untersuchte Stoff eine große Permeabilität für Luft besitzt, gelingt es bei Verwendung von Einspannzylindern mit großem Querschnitt bei einfacher Stofflage nicht, die erforderliche Druckdifferenz herzustellen. Dann müssen kleinere Zylinder benutzt und eventuell mehrere Stoffschichten aufeinander gelegt werden. Selbstverständlich kann man auch bei niedrigerem oder höherem Druck arbeiten, nur muß man dann zum Schluß auf den Normaldruck von 0,042 cm umrechnen.

Bei Anstellung des Versuches wird die Wasserstrahlpumpe in Tätigkeit gesetzt, der Druck genau reguliert und mit Hilfe einer Stoppuhr beobachtet, wieviel Sekunden für eine volle Umdrehung der Gasuhr nötig sind. Aus mehreren Beobachtungen wird das Mittel genommen. Zur Berechnung des Permeabilitätskoeffizienten mißt man ferner

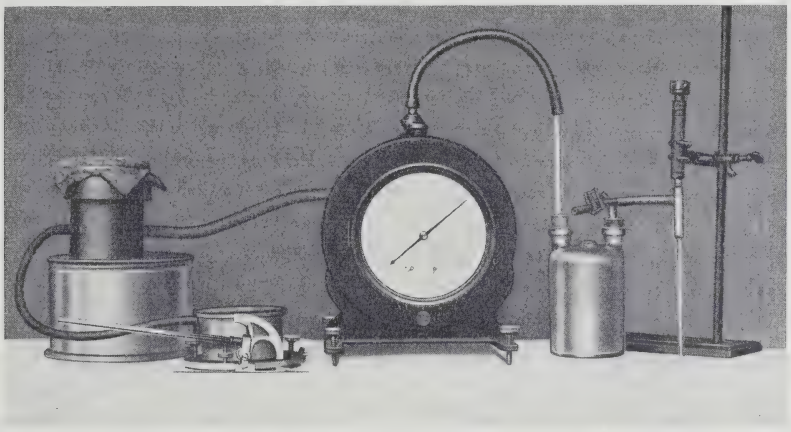


Fig. 10. Apparatur zur Bestimmung des Permeabilitätskoeffizienten.

den lichten Durchmesser des verwendeten Einspannzylinders, aus der die Größe der wirksamen Stofffläche berechnet wird. Die Stoffdicke wird mit dem Sphärometer bestimmt und die Anzahl der Stofflagen genau notiert.

Berechnung.

Da der Permeabilitätskoeffizient definiert ist als diejenige Anzahl von Sekunden, die erforderlich ist, um 1 ccm Luft durch eine Stoffschicht von 1 qcm Fläche und 1 cm Dicke bei einer Druckdifferenz von 0,042 cm vertikaler Wassersäule hindurchzutreiben, so ist die im Versuche ermittelte Sekundenzahl S zu dividieren durch den Wert v einer Gasuhrtrommeldrehung in Kubikzentimetern, durch die Dicke d des Stoffes in Zentimeter, durch die Anzahl n der Stofflagen und zu multiplizieren mit dem Querschnitt q der wirksamen Stofffläche in Kubikzentimeter. Falls man nicht mit dem vorgeschriebenen Normaldruck gearbeitet hat, so ist der soeben errechnete Wert noch mit dem Quotienten p/0,042 zu multiplizieren, in dem p den wirksamen Druck in Zentimeter vertikaler Wassersäule bedeutet. Der Permeabilitätskoeffizient ist dann

$$k = \frac{S \cdot q \cdot p}{v \cdot d \cdot n \cdot 0{,}042}.$$

Der Permeabilitätskoeffizient beträgt bei einem Wasserdruck von 0,42 mm nach Rubner:

bei glattgew. Baumwollstoff	76,3	Sek.
„ Militärhosenstoff	15,7	„
„ Wolltrikot	5,7	„
„ Waffenrock	18,8	„
„ Loden	2,8	„
grauer Militärmantel	9,7	„
„ Baumwolltrikot	1,1	„
„ porösem Hemdenstoff	0,3	„

Neue Gewebe sind sehr häufig appretiert (mittels schwefelsaurer Magnesia) und durch Walzendruck geglättet. Sie werden dann nach dem Waschen poröser. Die Permeabilitätskoeffizienten waren:

	mit Appretur	ohne Appretur
Feines Leinen	171,6	17,2
Marzelline	239,8	76,2
Köper	549,3	66,2

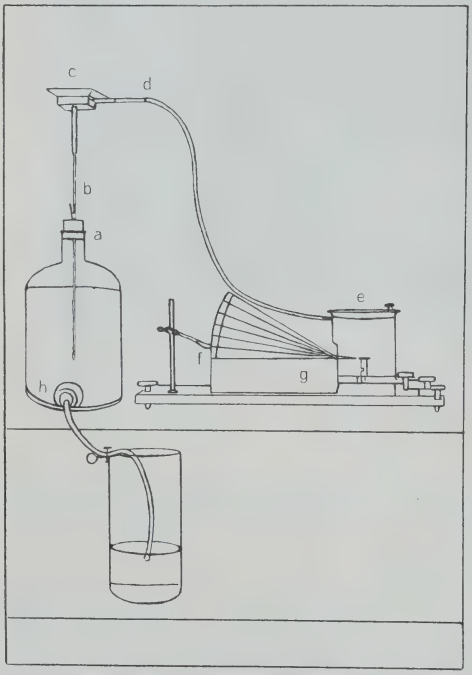


Fig. 11. a Mariottesche Flasche, b Zuführungsrohr, c Kammer zur Aufnahme des Stoffes, d Verbindungsschlauch zum Recknagelschen Manometer, e Recknagelsches Differentialmanometer, f Manometerröhre, g Winkelmesser (zur Bestimmung des Elevationswinkels), h Ausflußöffnung (hier mit einem Schlauch verschlossen). (Nach Schmidt, Arch. f. Hyg. 1903, Bd. 47, S. 264.)

Die Permeabilität steht im allgemeinen im Zusammenhange mit dem Porenvolumen und dem spezifischen Gewicht. Die glattgewebten dichten Stoffe zeigen eine weit geringere Permeabilität als die Tuchsorten, Kammgarne und gewebten Stoffe. Im einzelnen ergeben sich aber doch bei gleichem Porenvolumen und gleichem spezifischem Gewicht mancherlei Abweichungen, je nachdem die Stoffe viele kleine Hohlräume und lockere Fäden oder dichtere Fäden und wenige größere Hohlräume aufweisen.

Der im Freien herrschende Winddruck ist sehr bedeutend und fördert gewaltige Luftmengen durch den Körper hindurch.

Schmidt bestimmt die Permeabilität in ähnlicher Weise wie Rubner.

Saugt man gleiche Mengen Luft in der gleichen Zeit durch dieselbe Fläche verschiedener Stoffe hindurch, so werden die negativen Drucke unterhalb des Stoffes proportional den Widerständen der Stoffe wachsen. Diese Versuchsbedingungen lassen sich in einfacher Weise mit der Mariotteschen Flasche erfüllen. Bekanntlich ist die Ausflußgeschwindigkeit an der Abflußmündung der Flasche, unabhängig vom spezifischen

Gewicht, immer proportional dem Niveauunterschiede der Mündung des Zuführungsrohres und Abflußrohres,

$$v = \sqrt{2g \cdot s},$$

wobei s die Höhe der Wassersäule bedeutet.

So lange also Zuführungs- und Abführungsrohr gleich lang und dick sind und hoch eingestellt bleiben, wird man beim Fließen eine immer gleiche Aspirationswirkung in dem Zuführungsrohr erzielen. Voraussetzung ist, vor allem für niedere Wassersäulen, daß die Temperatur des Wassers möglichst dieselbe ist wie die der Luft. Um die durchgesogene Menge Luft bei verschiedenen Stoffen möglichst gleichgroß zu erhalten, wird man gut tun, die aspirierende Wassersäule im Verhältnis zu dem Widerstande des Stoffes möglichst groß zu machen, ferner das Führungsrohr an der Stelle der Einschaltung des Stoffes tunlichst zu erweitern. Die sodann sehr geringen Druckunterschiede unterhalb des Stoffes kann man mit dem Recknagelschen Differentialmanometer unter Anwendung eines geringen Elevationswinkels der Manometerröhre und von Petroleum leicht bestimmen. Die den Ausschlägen der Petroleumsäule entsprechenden senkrechten Druckhöhen sind die Produkte aus dem Werte des Ausschlags und dem Sinus des Elevationswinkels. Die Permeabilität für Luft ist den gefundenen Druckhöhen umgekehrt proportional (Fig. 11, S. 14).

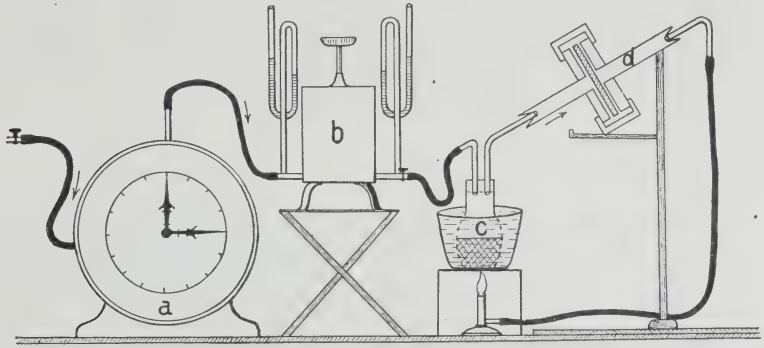


Fig. 12. Apparat zur Bestimmung der Permeabilität eines Kleidungsstoffes von de Lange. (Nach de Lange, Arch. f. Hyg., Bd. 51.)

Noch eine andere Methode zur Bestimmung der Permeabilität gab de Lange an. Er benutzte nicht Luft, sondern Leuchtgas.

Die Gasleitung wurde armiert mit einer Gasuhr (s. Fig. 12), die vorher kontrolliert war (eine Drehung derselben ließ 2650 ccm Gas durchströmen).

Hinter diesem Gasometer folgte ein Apparat von Moitessiere, wodurch gewährleistet war, daß der Druck während der Dauer eines Versuchs gleich hoch blieb. Derselbe ist außerdem zu jeder Zeit an den beiden Manometern zu kontrollieren, die zur Seite des Apparates in dem ein- und ausgehenden Rohr angebracht sind. Weiter folgt der Durchströmungsapparat: ein gewöhnliches Kölbchen mit doppelt perforiertem Kork, welches zu später zu beschreibenden Zwecken dient, und dahinter eine Messingbüchse, welche in zwei Teile geteilt ist, Jeder in der Mitte mit einer glattgeschliffenen Tafel versehen, zwischen die der zu untersuchende Stoff geklemmt wird.

Das Gas, welches durch den ganzen Apparat hindurchgeströmt ist, wird mittels eines Bunsenbrenners verbrannt.

Die Permeabilität ist = 1 in dem Fall, daß 100 ccm Gas in 1 Minute unter einem Druck von 10 mm Wasser durch 1 qcm Fläche des Durchströmungsapparates passiert.

Angenommen, daß p die absolute Zahl der Permeabilität vorstellt, i den Inhalt der Gasuhr in 10 ccm, d den Druck des Gases in Kubikzentimeter Wasser, o den Durchschnitt des Durchströmungsapparates in Quadratzentimeter und t die Zeit in Sekunden, so gilt folgende Gleichung:

$$p = 60 \times \frac{i}{t\,d\,o}$$

Wenn Versuche über den Einfluß der Feuchtigkeit gemacht werden, so wird die Flasche c mit Wasser von 37—38° C halb gefüllt und in ein Wasserbad von derselben Temperatur gestellt. Die Wasserdämpfe, die sich entwickeln, werden von dem Gasstrom mitgeführt und teilweise von dem zu untersuchenden Stoff aufgenommen, eventuell daselbst kondensiert. Die Resultate dieser einfachen Versuchsanordnung finden sich in nachstehender Tabelle.

Permeabilitätseinheit 1000, genannt — Permeabilität nach 15 Minuten.

Art der Stoffe	Appretiert						Gewaschen		Nicht appretiert	
	1 Lage		3 Lagen		Naß (1 Lage)		1 Lage (trocken)		1 Lage (naß)	
	t	Einh.	t	Einh.	t	Einh.	t	Einh.	t	Einh.
Baumwollen (bessere Qualität)	91,3	149	152,6	89,2	138	91,6	78	162	151	83,7
Barchent (bessere Qualität) .	76	167	93	135	83	152	79	160	85	148
Graues gerauhtes Futter . . .	86,4	158	158,6	86	179,6	73,8				
Wollstoff	74	171	84,4	149	85	148				
Manchester	77,2	163	102,6	124	140	94,7				
Gelber Köper (bessere Qualität)	73,2	172	86	146	115,2	115				

Im Zusammenhang mit der Luftdurchlässigkeit der Kleidung interessiert die Ventilation, für die die Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Kleiderluft ein guter Maßstab ist. Gleichzeitig erhält man auf diese Weise auch einen Einblick in die Beschaffenheit der Kleiderluft überhaupt.

Schierbeck entnahm mittels eines Gummischlauches, der an die zu untersuchende Stelle gesteckt wurde, und durch Aspiration mit den kleinen Pumpen, die bei dem Voitschen Respirationsapparat benutzt werden, Luftproben, leitete sie in bekannter Weise in Barytwasser und bestimmte durch Titration mit Oxalsäure den Kohlensäuregehalt. Sollte die gesamte, durch die Haut abgegebene Kohlensäuremenge gemessen werden, so wurde die Versuchsperson nackt in einen Kasten, der oben am Halse fest anschloß und den Kopf freiließ, gebracht und die abgegebene Kohlensäure bestimmt.

Einfacher ging Wolpert vor. Er gebrauchte das Karbazidometer, das aus einem graduierten Zylinder besteht, in dem ein Kolben hin und her bewegt werden kann. Der Stempel dieses Kolbens ist in der Mitte durchbohrt, ebenfalls die Stange des Kolbens, die in eine Pravarzsche Nadel ausläuft. Wird der Kolben nun aus dem Zylinder herausbewegt, so tritt Luft durch den Hohlraum der Stange in den Zylinder ein. Zum Gebrauch des Apparates wird die Nadel durch die Kleidung hindurchgesteckt bis an die gewünschte Stelle, dann wird Luft in den Zylinder durch zweimaliges Auf- und Abführen des Kolbens gefüllt, worauf der Kolben aus dem Zylinder herausgezogen wird. Dann wird mit einer Pipette eine Reagenzlösung, die Natriumkarbonat und Phenolphthalein enthält, in den Zylinder getan und der Kolben wieder eingeführt, jedoch nur so weit, daß er die Flüssigkeit nicht berührt. Der Zylinder trägt nun eine Einteilung, die den Promillegehalt an Kohlensäure bei den angewandten Mengen der Reagenzlösung gleich ablesen läßt. Bei Kleiderluftprüfungen wird nach Einfüllung von

gewöhnlich 2 ccm Reagenzlösung eine kleine gemessene Menge „Vorluft", etwa bis zu 5 ccm von bekanntem oder nebenher festzustellendem Gehalt an Kohlensäure, welcher bei der definitiven Berechnung in Abzug kommt, vorläufig zugegeben.

Es ist statthaft, wenn man den Apparat für auswärtige Prüfungen zu Hause am offenen Fenster vorrichtet, ohne weiteres den Kohlensäuregehalt der 2¼ ccm Vorluft (bei einer provisorischen Einstellung auf 5 ccm werden 2 ccm durch die Reagenzlösung und ¾ ccm durch die untere Konvexität des Kolbens eingenommen) mit 0,4‰ in Rechnung zu stellen und unter Umständen sogar ganz zu vernachlässigen. Bei den Kleiderluftprüfungen wird man letzteres nicht tun. Man hat da ohnehin den Kohlensäuregehalt der Umgebung in jedem Fall zu ermitteln und nimmt also am einfachsten auch die Vorluft aus derselben Umgebung. Nachdem der Kolben in den Zylinder bis zu der Marke von 2 bzw. 4‰ Kohlensäure eingeführt ist, wird geschüttelt und beobachtet, ob die Flüssigkeit sich entfärbt. Tritt dies nicht ein, so wird der Kolben im Zylinder zurückbewegt, so daß mehr Luft aus der Kleidung ausgesaugt wird und wiederum tüchtig geschüttelt (2 Minuten), und so wird fortgefahren, bis die Reagenzlösung ziemlich an Farbe eingebüßt hat. Dann wird mit irgendeiner schwachen Säure in wässerig-alkoholischer Lösung zu Ende titriert. Die Berechnung des Kohlensäuregehaltes der Untersuchungsluft ergibt sich dann wie folgt:

Bezeichnen:

$O \cdot n$ = Kohlensäuregehalt Promille der „Vorluft" im allgemeinen am offenen Fenster 0,4‰,
R = Reagenzlösung Kubikzentimeter, gewöhnlich 2 ccm,
V = Vorluft Kubikzentimeter, etwa 3 ccm,
E = End-Einstellung, z. B. 16 ccm,
L = E − (R + V), Luftvolumen Kubikzentimeter der Prüfungsluft,

so beträgt der gesuchte Kohlensäuregehalt der Prüfungsluft in Promille, falls eben vollständige Entfärbung eintrat:

$$P = \frac{\frac{R}{2}(31{,}3 - O, nV)}{L};$$

falls aber die Entfärbung unvollständig war und nicht mit der Kohlensäure der Luft, sondern mit irgendeiner schwachen, auf eine Flüssigkeit verteilten oder tropfbar flüssigen Säure zu Ende titriert wurde, wozu g Volumeneinheiten erforderlich gewesen sein mögen und zur Neutralisation von R, d. h. gewöhnlich 2 ccm ungeschwächter Lösung, G Volumeneinheiten, so ist der gesuchte Kohlensäuregehalt in Promille:

$$x = \frac{P}{G}(G - g) = \left[\left\{\left[\frac{R}{2}(31{,}3 - O, nV)\right] : L\right\}(G - g)\right] : G$$

Ein Versuch wird mit dem Apparat und den beigegebenen Standartlösungen in folgender Weise vorgenommen:

1. Man führt den Kolben einige Male im Glaszylinder auf und nieder, sodann heraus.
2. Man gibt 2 ccm Versuchslösung in den Zylinder.
3. Man führt den Kolben wieder in den Zylinder ein bis auf „äußerst schlecht".
4. Man schüttelt 1 Minute (ebenso nach jeder Verstellung des Kolbens).

Ist nunmehr, wie wahrscheinlich, die rote Versuchslösung im Zylinder noch nicht farblos geworden, so schiebt man den Kolben so lange absatzweise immer höher, bis schließlich nach einem 2 Minuten anhaltenden Schütteln der Farbumschlag eintritt. Nach eingetretenem Farbumschlag liest man am Zylinder den durch den Kolbenstand angezeigten Kohlensäuregehalt und Reinheitsgrad (äußerst schlecht, sehr schlecht, noch zulässig, gute Luft) ab und berechnet sich den Kohlensäuregehalt genauer durch Division des verbrauchten Luftvolumens in 31,3; z. B. für verbrauchte 40 ccm Luft x = zwischen 0,7—1‰ oder genauer 31,3 : 40 = 0,78‰ Kohlensäure.

Bemerkungen.

Nach jeder neuen Einstellung genügt 2 Minuten Schütteln, wenn man so kräftig schüttelt, daß die Flüssigkeit schäumig wird. Längeres Schütteln nutzt und schadet dann nichts. Schüttelt man aber nicht so stark, so beachte man: erst wenn beim Schütteln in der letzten halben Minute kein Fortschreiten der Entfärbung mehr wahrgenommen wird, darf mehr Luft hinzugegeben werden.

Die Kolbenstange soll beim Schütteln durch die beigegebene Gummikappe geschlossen werden und wird bei Luftzugabe abgenommen.

Das Überfüllen der 2 ccm Versuchslösung geschieht mit Hilfe der beiliegenden Pipette, und zwar so, daß man die Pipette bis zur Marke für 2 ccm in die rote Versuchslösung eintaucht, den angesteckten Schlauch zwischen Daumen und Zeigefinger zusammenpreßt, heraushebt, und in den Zylinder auslaufen läßt, wobei man den letzten Tropfen noch auspreßt; kann man aus Mangel an Flüssigkeit die Pipette nicht gut bis zur Marke eintauchen, so füllt man durch aufsteigendes Zusammenpressen des Schlauches.

Herstellung der Lösung.

Flasche I 25fache Lösung; Flasche II Phenolphthaleinlösung; Flasche III destilliertes Wasser; Flasche IV Titrierwasser; Flasche V Vorratsflasche für die einfache Lösung. Um diese herzustellen, füllt man mit der Pipette für gewöhnlich 2 ccm aus der Flasche I in den Luftprüfungszylinder über, gibt bis zu 10 ccm aus der Flasche II; dann bis 50 ccm aus Flasche III hinzu und hierauf diese Lösung in die Vorratsflasche.

Inhalt von Flasche I—IV hält sich unbeschränkte Zeit: die fertige Lösung in der Vorratsflasche ist durch neue zu ersetzen, wenn sie an Farbe verloren hat, und wird am besten vor jeder größeren Reihe von Beobachtungen neu hergestellt. Im Dunkeln und in der Kälte hält sich die fertige Lösung besser als im Licht und in der Wärme; auch wenn man ein Stückchen Kampfer hineinwirft, hält sie sich besser.

Rezepte für die Lösungen.

Für Flasche I.

Natr. carbonic. sicc.	0,139
Aq. dest.	25,0
Solve Solutione facta adde.	
Spirit. dilut. ad. c. cub.	75,0

Für Flasche II.

Sol. Phenolphtal.	7,5
Spirit. dilut. ad. c. cub.	75,0

Für Flasche III.

Aq. destill.	75,0

Für Flasche IV.

Acid. hydrochlor. dilut.	guttam unam
Spirit. dilut.	10,0
Aq. destill. ad. c. cub.	50,0

Die erhaltenen Resultate sind dann folgende:

I. Lufttemperatur 16,6° C, relative Feuchtigkeit 52%.

Luft in Umgebung			0,336‰	CO_2
Ruhe,	Kleiderluft	0,504 oder	+ 0,168 „	„
Gehen 0,29 m	Geschwindigkeit, „	0,576 „	+ 0,240 „	„
„ 1,01 „	„ „	0,624 „	+ 0,288 „	„
„ 1,52 „	„ „	0,636 „	+ 0,300 „	„
„ 2,21 „	„ „	0,768 „	+ 0,432 „	„

II. Lufttemperatur 16,6° C, relative Feuchtigkeit 52%.

Luft in Umgebung			0,456‰	CO_1
Ruhe,	Kleiderluft	0,768 oder	+ 0,312 „	„
Wind 0,28 m	Geschwindigkeit, „	0,720 „	+ 0,264 „	„
„ 0,66 „	„ „	0,624 „	+ 0,168 „	„
„ 1,31 „	„ „	0,560 „	+ 0,104 „	„

III. Lufttemperatur 13,4° C, relative Feuchtigkeit 53%.

Luft in Umgebung			0,321‰	CO_2
Regio poplitea	0,495	oder	+ 0,174 „	„
Rücken	0,512	„	+ 0,191 „	„
Brust	0,561	„	+ 0,240 „	„
Umbilikalgegend	0,594	„	+ 0,273 „	„
Kleiderluft, Mittel			+ 0,220‰	CO_2

IV. Lufttemperatur 13,4° C, relative Feuchtigkeit 53%.

Luft in Umgebung			0,294‰	CO_2
Weicher Filzhut	0,400	oder	+ 0,106 „	„
Luft in Umgebung			0,321 „	„
Steifer Filzhut I. (Hut m. Ventilationslöchern)	0,495	oder	+ 0,174 „	„
Luft in Umgebung			0,343 „	„
Steifer Filzhut II.	0,540	oder	+ 0.197 „	„
Strohhut	0,408	„	+ 0,065 „	„
Zylinder	0,552	„	+ 0,209 „	„
Pelzmütze	0,576	„	+ 0,233 „	„

V. Lufttemperatur 16,1° C, relative Feuchtigkeit 54%.

Luft in Umgebung			0,336‰	CO_2
Bloßer Strumpf	0,402	oder	+ 0,066 „	„
Pantoffel	0,438	„	+ 0,102 „	„
Schnürschuhe	0,623	„	+ 0,287 „	„
Halbschuhe	0,700	„	+ 0,364 „	„
Weite Zugstiefel	0,955	„	+ 0,609 „	„
Enge Zugstiefel	1,004	„	+ 0,668 „	„

Es zeigt sich also, daß die Kleiderluft einen höheren Kohlensäuregehalt als die Zimmerluft besitzt und daß die Kohlensäure durch die Kleidung hindurchwandert. Die Kleiderluft ist nie in völliger Ruhe, sie zirkuliert, wird aus der Atmosphäre durch frische Luft ersetzt. Der Prozentgehalt der Kleiderluft ist je nach dieser Ventilation schwankend und kann geradezu zur Berechnung der Größe des Luftaustausches verwertet werden. Je luftdurchgängiger die Kleidung, je lebhafter die Windströmungen oder Bewegungen des Körpers, um so niedriger der Kohlensäuregehalt.

Literaturverzeichnis.

Boubnoff, S., Zur Frage vom Verhalten gefärbter Zeuge zum Wasser und zur Luft. Arch. f. Hyg. 1883, Bd. 1, S. 418.

Lange, de, Untersuchungen über einige physikalische Eigenschaften von 50 Kleidungsstoffen, mit besonderer Rücksicht auf die Permeabilität in feuchtem Zustande. Arch. f. Hyg., Bd. 51.

Rubner, M., Über einige wichtige Eigenschaften unserer Kleidungsstoffe. Arch. f. Hyg., Bd. 15.

Rubner, M., Apparat zur Demonstration der Luftdurchgängigkeit von Kleidungsstoffen. Arch. f. Hyg. 1896, Bd. 27, S. 41.
Ders., Zur Hygiene der Fußbekleidung. Arch. f. Hyg., Bd. 31.
Schierbeck, N. P., Eine Methode zur Bestimmung der Ventilation durch eine Kleidung. Arch. f. Hyg. 1893, Bd. 16, S. 203.
Schmidt, P., Über Sonnenstich und Schutzmittel gegen Wärmestrahlung. Arch. f. Hyg. 1903, Bd. 47, S. 262.
Ders., Zur Bestimmung der Luftdurchgängigkeit von Kleidungsstoffen. Arch. f. Hyg. 1909, Bd. 70, S. 8.
Wolpert, H., Über den Kohlensäuregehalt der Kleiderluft. Arch. f. Hyg. 1896, Bd. 27, S. 291.

C. Prüfung des Verhaltens der Kleidung gegen Wasser.

Das hygroskopisch gebundene Wasser in den Kleidern bestimmte Linroth auf folgende Art und Weise:

Das Zeugstück wird bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, z. B. über Schwefelsäure oder in einem gewöhnlichen Trockenschrank, sodann in einer Büchse aus Messingblech von einem bekannten Gewicht eingeschlossen und gewogen, dann während einer bestimmten Zeit in der Atmosphäre aufgehängt, deren Einfluß untersucht werden sollte und schließlich wieder in die Büchse eingeschlossen und abermals gewogen. Da sich gezeigt hat, daß etwa 15 Stunden in gewissen Fällen vergehen, bis alles Wasser aufgenommen wird, das ein Stoff hygroskopisch zu binden vermag, so müssen die Zeuge, um möglichst vergleichbare Resultate zu bekommen, der Einwirkung der Luft mindestens 15, höchstens 20 Stunden ausgesetzt werden, d. h. vom Mittag des einen Tages bis zum Morgen des folgenden. Läßt man die Proben nur ½ Stunde, 1 Stunde, 2 Stunden, eventuell bis 48 Stunden in der Luft von bestimmter Feuchtigkeit, so zeigt sich, daß die ersten Wasserdampfmengen sehr rasch, die späteren dagegen viel langsamer absorbiert werden. Folgende Zusammenstellung zeigt die Aufnahme des hygroskopischen Wassers bei Flanell, Seide, Leinwand und Schirting:

Nr.	Temperatur in ° C	Relative Feuchtigkeit der Luft in %	Hygroskopisches Wasser auf 1000 Gewichtsteile			
			Flanell	Seide	Leinwand	Schirting
1	+ 15,1	27	36	30	21	20
2	+ 15,7	30	48	40	28	25
3	+ 12,2	36	54	41	30	29
4	+ 19	43	71	53	37	37
5	+ 15,2	47	65	52	42	36
6	+ 20,7	54	—	—	45	—
7	+ 12,2	54	90	63	48	49
8	+ 18,5	55	92	—	49	—
9	+ 15,4	58	92	80	53	55
10	+ 12,4	64	104	90	59	57
11	— 5,2	64	115	86	61	60
12	+ 22,2	64	117	103	64	64
13	— 2	73	158	139	90	89
14	+ 7,8	83	169	144	96	99
15	+ 13,8	85	165	136	98	98
16	+ 8,5	93	207	—	136	—
17	+ 5,7	94	213	181	132	137
18	+ 9,2	95	218	163	134	135
19	+ 15,5	97	217	177	134	154
20	+ 7,8	98	225	193	142	155
21	+ 18,9	98	235	163	133	128
22	— 0,9	Nebel	273	271	206	239

Die Zusammenstellung lehrt, daß die Bindekraft für dampfförmiges Wasser abhängig ist von der relativen Feuchtigkeit der Luft und dem Material des Stoffes. Bei 100% relativer Feuchtigkeit absorbieren nach Rubner 100 g Stoff

Wolle . . . . . 25—28 g
Seide . . . . . 16—17 g
Baumwolle . . . . . 11,6 g

Nach Lehmann sind die Werte etwas höher, nämlich für

Wolle . . . . . 31,5 g
Baumwolle . . . . . 23 g
Leinen . . . . . 25 g

In ähnlicher Weise wie Linroth stellte Reichenbach die Wasseraufnahme durch die Kleidung fest. 80 qcm große Zeugstücke wurden getrocknet und auf der bloßen Haut getragen, worauf die Stücke in Metallbüchsen kamen und gewogen wurden. Da das Gewicht auch vorher festgestellt war, ergab die Gewichtszunahme die Wasseraufnahme von der Haut aus.

Bestimmt man die Aufnahmefähigkeit der Stoffe für flüssiges Wasser (Wasserkapazität), so werden die Stoffe nach von Pettenkofer in einer Schüssel mit Wasser untergetaucht und mehrfach zusammengedrückt. Sind alle Poren mit Wasser angefüllt, so erhält man die maximalste Wasserkapazität. Entfernt man dagegen die Stoffe aus dem Wasser, indem man sie alle möglichst gleichmäßig mit der Hand ausdrückt, so ergibt die Gewichtszunahme, die man auf 100 qcm oder 100 g umrechnen kann, die minimalste Wasserkapazität. Die Druckkraft der Hand wird dann rund auf 25 kg angesetzt. In 100 g fanden:

	Flanell	Baumwolle	Leinwand
v. Pettenkofer	91,3	—	74 } mit der Hand stark
Linroth	148,0	82	81 } ausgedrückt
Boubnoff	108,0	68	75 }
Rouget de Lisle	200,0	100	75 mit der Hand
„ „ „	110,0	60	40 m. d. Maschine
„ „ „	60,0	35	25 m. d. Zentrif. entwässert

Die Einbuße an Luft durch die Benetzung bei minimalster Wasserkapazität ist bei den verschiedenen Stoffen sehr verschieden, wie folgende Zusammenstellung zeigt. Je mehr kapillare Räume vorhanden sind, um so mehr Wasser kann festgehalten werden, je größer die Räume, um so mehr Wasser wird ausgedrückt, je leichter ein Gewebe dem Druck nachgibt, um so weniger Wasser bleibt zurück.

Porenvolumen.

	Vorhandenes Porenvolum bei trockenem Gewebe pro 1000 Teile	Vorhandenes Porenvolum bei minimalster Wasserkapazität
Wollflanell	923	803
Baumwollflanell	888	723
Seidentrikot	832	501
Wolltrikot	833	612
Baumwolltrikot	833	617
Leinentrikot	747	318
Schirting	520	0

Die Benetzbarkeit eines Stoffes ist von der Wasserkapazität zu unterscheiden. Sie gibt an, wie schnell ein Stoff flüssiges Wasser aufnimmt. Nach Mense wird die Benetzbarkeit in folgender Weise bestimmt:

I. Man legt den Stoff auf eine Schale mit Wasser und beobachtet, bis wann er untersinkt. Untersinken der Stoffe, die auf dem Wasser schwammen, trat ein:

	Kaltes Wasser		Warmes Wasser	
	ungewaschener Stoff	gewaschener Stoff	ungewaschener Stoff	gewaschener Stoff
Seide	sofort	5 Sek.	sofort	sofort
Leinwand . . .	1 Min.	6 Sek.	3 Sek.	sofort
Baumwolle . .	4 Std. 12 Min.	4 Min.	5 Sek.	5 Sek.
Flanell	gar nicht	1 Std. 36 Min.	25 Min.	13 Min.
Jägersche Wolle	gar nicht	gar nicht	28 Min.	21 Min.

II. Der Stoff wird auf Rahmen gespannt, Wassertropfen von der Größe 0,1—0,5 ccm darauf getan und beobachtet, wann die Wassertropfen verschwinden.

III. Stoffstreifen werden an ihrem einen Ende mit einem Glasstabe beschwert, 1 cm weit in Schalen mit Wasser gehängt und beobachtet, wie schnell und wie hoch die feuchte Zone sich ausbreitet.

Die Versuche sind gleichzeitig an verschiedenen Streifen vergleichend auszuführen. Es zeigt sich dann, daß sich Wolle am schlechtesten benetzt, dann folgt Baumwolle und Leinwand. Am schnellsten benetzt sich Seide. Stoffe aus gleichem Material benetzen sich um so schlechter, je stärker die Appretur und je rauher die Oberfläche ist. Waschen vermehrt bei der Mehrzahl der Stoffe die wasseraufsaugende Kraft, bei Seide, die dadurch rauher wird, kann sie dagegen sogar vermindert werden. Die Benetzbarkeit hängt ab von der Zahl der kapillaren Räume, die bei den verschiedenen Stoffen verschieden groß ist. Dann spielt aber auch die spezifische Benetzbarkeit eine große Rolle, die mit dem natürlichen Fettgehalt der Gewebe eng zusammenhängt.

Das kapillare Aufsaugungsvermögen der Stoffe untersuchte Lehmann in einer anderen Weise als Mense, da dessen Methode zur Gewinnung absoluter Zahlen die Verdunstung des aufgestiegenen Wassers unberücksichtigt läßt:

Die Stoffstreifen wurden in einem mit Wasserdampf gesättigten Raum aufgestellt und die Steighöhe, die unter diesen Umständen bis 2 m und bei genügend langem Zuwarten wohl noch mehr beträgt, wird tage- und wochenlang abgelesen.

Es zeigte sich, daß die Steighöhe nicht von der Natur der Fasern (Leinen oder Baumwolle) abhängig ist, sondern in erster Linie — Appreturfreiheit vorausgesetzt — von der Dichtigkeit der Fäden, aus denen das Gewebe hergestellt ist.

Die Verdunstung des Wassers, die zeigen soll, wie rasch das zwischengelagerte Wasser von Leinen und Baumwollstücken bei gleichmäßiger Exponierung wieder abgegeben wird, prüfte Lehmann mit folgender Versuchsanordnung: Die Stoffe werden auf das Sorgfältigste von Appretur befreit, vor dem Versuch nochmals 1 Stunde in Wasser gekocht, um sie gründlich zu benetzen, dann herausgenommen, an einem Zipfel aufgehängt solange ablaufen lassen, bis binnen 1 Minute kein Tropfen

mehr abfließt, dann aber nicht gleich zum Versuch verwendet, sondern in ganz unregelmäßiger Reihenfolge aufeinandergelegt, das Paket wird mit der flachen Hand ein wenig beklopft, die Stoffe noch zweimal in anderer Reihenfolge aufeinandergelegt, die Manipulation des Beklopfens wiederholt und dann die Stoffe aufgehängt an Drahthäkchen in einem sonnenlosen, großen, ungeheitzten und unbenutzten Zimmer von etwa 12° C. Der Wassergehalt zu Versuchsbeginn war bei den Leinenstoffen ca. 25% niedriger als bei den Baumwollstoffen. Nun begann das Trocknen. Die Stoffe hingen in ganz unregelmäßiger Reihenfolge, etwa jede Probe ½ m von der anderen entfernt, 2 m über dem Boden, und wurden alle halbe Stunde unter Verwendung von Wägegläsern gewogen. Es ergab sich: Die absolute Menge des von den Stoffstückchen abgegebenen Wassers ist in der ersten halben Stunde gleich groß. Auch nach ¾ Stunden trat kein wesentlicher Unterschied hervor. Nach 1 Stunde ist der Unterschied noch immer sehr gering. Nach 1¼ Stunden bleiben die Stoffe, die absolut wenig Wasser aufgenommen hatten, in der absoluten Wasserabgabe zurück. Nach 1½ Stunde ist dieser Unterschied sehr bedeutend, weil eben die Stoffe mit geringem Wassergehalt, d. h. die dünnen, feinen Stoffe jetzt nur noch über geringen Wasservorrat verfügen resp. ihr Wasser schon bis auf etwa 90—93% abgegeben haben, während die dickeren Stoffe noch erhebliche Wassermengen besitzen und nun abgeben.

Durch die Benetzung mit Wasser erhalten glattgewebte Stoffe die Eigenschaft des Anklebens an der Haut. An klebenden Stellen hat man das Gefühl störender Kälte, da die zwischen der Haut und dem Kleidungsstoff befindliche Luftschicht verdrängt wird. Rubner hat versucht, einen numerischen Ausdruck für das Festkleben nasser Stoffe zu erhalten, indem er an einer Wage eine Wageschale durch eine Glasplatte ersetzte und die bald stark mit Wasser benetzten, bald stark ausgedrückten Stoffe, gleichfalls auf einer Glasfläche aufgelegt, darunter schob. Sodann wurde die Glasplatte der Wage sachte aufgedrückt, und so lange Gewichte auf die freie Schale gelegt, bis innerhalb einer gleichen Zeit das Abreißen der Glasplatte von der Unterlage erreicht war. Die ermittelten Gewichte waren in Gramm:

	viel Wasser g Zugkraft	ausgepreßt g Zugkraft
dünnes Leinen	400,0	80,0
Schirting (Baumwolle)	350,0	12,5

Literaturverzeichnis.

Linroth, C., Einige Versuche über das Verhalten des Wassers in unserer Kleidung. Zeitschr. f. Biologie, Bd. 17.

Mense, C., Über das Verhalten von Kleidungsstoffen gegenüber tropfbarflüssigem Wasser. Dissertation. München 1890.

Müller, B., Über die Beziehung des Wassers zur Militärkleidung. Arch. f. Hyg. 1884, Bd. 2, S. 1.

Reichenbach, Dr., Beiträge zur Lehre der Wasseraufnahme durch die Kleidung. Arch. f. Hyg. 1891, Bd. 13, S. 113.

D. Prüfung des Verhaltens der Kleidung in thermischer Beziehung.

Da die Kleidung in erster Linie wärmeregulatorische Aufgaben zu erfüllen hat, ist die Untersuchung ihres Verhaltens zur Wärme besonders wichtig. Leitung und Strahlung müssen geprüft werden, weiter kommen

Meßmethoden in Betracht, die den durch die Kleidung bedingten Schutz des Körpers vor einem Wärmeverlust dartun.

Um das Wärmeleitungsvermögen der Kleidung zu bestimmen, sind eine ganze Reihe von Methoden benutzt worden, die aber alle durch die von Rubner angegebene, exaktere überholt worden sind. Er bestimmte das Leitungsvermögen nach absolutem Maß, indem er die Anzahl von Kalorien angab, die durch 1 qcm Stofffläche in 1 Sekunde hindurchgehen,

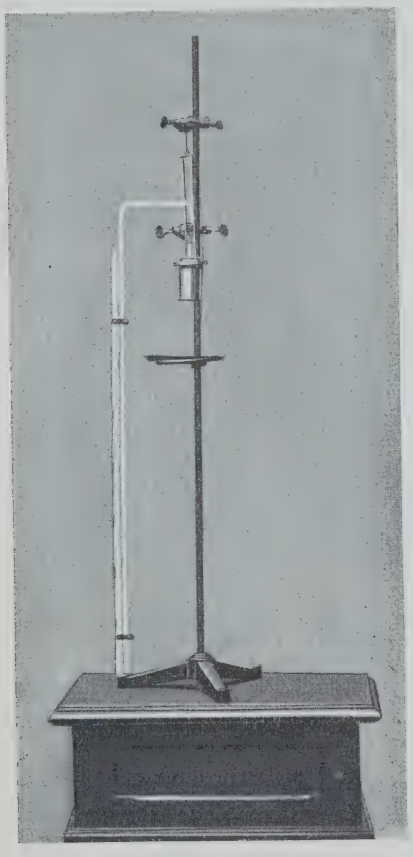


Fig. 13.
Stefansches Kalorimeter (Aufsicht).

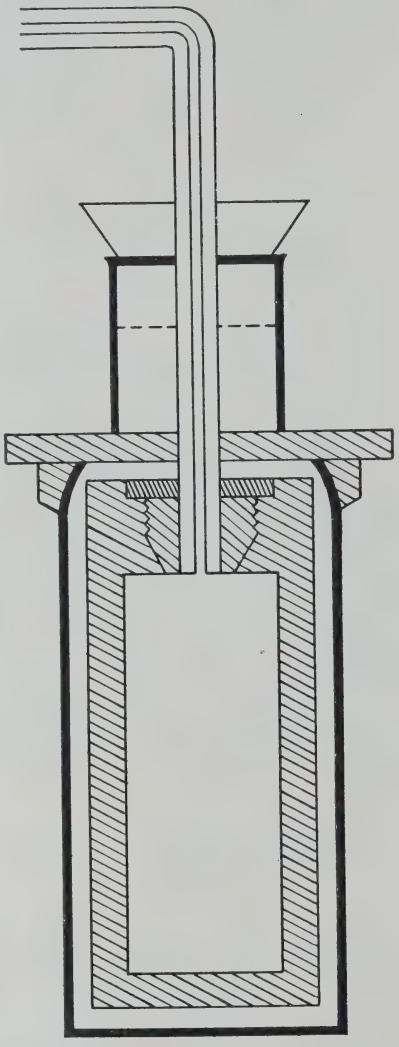


Fig. 14.
Stefansches Kalorimeter (Querschnitt).

wenn die Temperaturdifferenz 1° und die Dicke 1 cm betragen. Der zur Prüfung der Wärmeleitung benutzte Apparat ist das von Stefan angegebene Kalorimeter, das gestattet, die Leitung zu bestimmen, ohne daß die Strahlung dabei eine nennenswerte Rolle spielt. Der Apparat ist von Rubner für die Zwecke der Untersuchung von Kleiderstoffen etwas modifiziert worden, seine Anwendung hat sich sowohl auf die Prüfung der Stoffelemente wie die der fertigen Stoffe zu erstrecken.

Das Stefansche Kalorimeter (s. Fig. 13 u. 14) besteht aus 2 Metallzylindern, die ineinander gesteckt sind. Der innere Zylinder hat einen Durchmesser von 30 mm Höhe, eine Höhe von 70 mm und eine Wanddicke von 5 mm. Der Innendurchmesser des äußeren Zylinders beträgt 35 mm, die Höhe 75 mm, die Wandstärke 1 mm. Dann ist der Hohlraum zwischen den beiden Zylindern allseitig 2,5 mm stark. Andere Größen als die eben angegebenen sind zwar auch gebraucht worden, jedoch werden die Messungen aus den unten angegebenen Gründen dann ungenau.

Der Innenzylinder ist mit einem Kapillarrohr verbunden, das durch den Deckel des äußeren Zylinders hindurchgeht, dann eine U-förmige Krümmung zeigt und nach abwärts gebogen ist. Dieser Schenkel ist unten offen und taucht in eine Flüssigkeit, z. B. Quecksilber oder Glyzerin, das mit Methylenblau gefärbt ist. Außerdem befindet sich an diesem Glasrohr eine Millimeterskala. Der Innenzylinder dient als Luftthermometer, in den Hohlraum zwischen beiden Zylindern bringt man Luft, ein anderes Gas, Watte, Wolle usw. Besondere Sorgfalt ist darauf zu legen, daß alle Verschlüsse, Durchbohrungen usw. gut abgedichtet sind.

Man läßt das Kalorimeter, nachdem es mit dem zu prüfenden Stoff gefüllt ist, sich auf eine bestimmte Temperatur einstellen, indem man es in ein Wassergefäß bei Zimmertemperatur eintaucht und wartet, bis die Sperrflüssigkeit auf einem konstanten Niveau bleibt. Dann entfernt man dieses Wassergefäß, ersetzt es durch ein anderes mit Eiswasser und beobachtet mit dem Fernrohr die Steighöhe der Flüssigkeit in dem langen Schenkel des Kapillarrohres, indem man von 5 zu 5 cm die benötigte Zeit mit einer Sekundenuhr mißt, die Zeit notiert und schließlich bis zum vollen Ausgleich der Temperatur wartet.

Für die in der Zeiteinheit (Sekunde) erreichte Steighöhe, bezeichnet mit $\beta \cdot \log e$ erhält man einen Wert nach der Gleichung:

$$\beta \cdot \log e = \frac{\log (h^1 - h) - \log (h^1 - h')}{t' - t},$$

worin h, h' und h^1 die Steighöhen der Sperrflüssigkeit zu den Zeiten t, t' und $\sim$ darstellen.

Geht man von einem anderen als dem Nullpunkt der Skala aus, so zieht man diesen Wert von den übrigen ab. Nach dem Versuch muß genau kontrolliert werden, ob keine Undichtigkeit am Apparat vorhanden war.

Eine für den Gebrauch des Kalorimeters wichtige Operation ist das Einfüllen der zu untersuchenden Substanz. Sie erfordert unter Umständen Geduld, Zeit und längere Vorbereitung.

Lockere Grundstoffe darf man nicht ad libitum in den Hohlraum pfropfen. Man muß vielmehr darauf achten, daß das Grundmaterial möglichst gleichmäßig verteilt wird. Es ist nicht gleichgültig, ob sich die Fasern einer eingebrachten Substanz alle parallel oder überwiegend senkrecht zu den wärmeabgebenden Flächen legen. Durch längeres Zerzupfen und Verteilen wird daher die Substanz gleichmäßig gelockert und dann mit einer Pinzette in den Hohlraum eingebracht. Sind die Fäden ungewöhnlich lang wie bei Kokonseide, so muß das Material vorher in kurze Fäden zerschnitten werden.

Das Steigen der Sperrflüssigkeit soll eine, den Gesetzen der Abkühlung entsprechende sein, d. h. die Werte $\beta \cdot \log e$ einer Reihe sollen alle innerhalb gewisser Fehlergrenzen übereinstimmen; ein unregelmäßiges

Verhalten weist unter Umständen auf Versuchsfehler hin. Ungleichmäßig werden die Werte, wenn man große Dimensionen für den Abstand der beiden Zylinder anwendet und wenn der Hohlraum mit mittleren oder größeren Substanzmengen gefüllt wird.

Der Gang der Abkühlung ist dann von Anfang an nicht absolut regelmäßig; in Abhängigkeit von der Füllung sieht man bei Beginn des Versuches eine allmählich zunehmende Geschwindigkeit des Steigens. In den ersten Sekunden wird Wärme nur aus den der Grenzfläche benachbarten Teilen des Kalorimeters abgegeben, während der innere, mit dem Steigrohr verbundene Zylinder von der Temperaturänderung fast ganz unberührt bleibt.

Differenzen je nach dem Grade der Füllung findet man bei kleinem Abstand zwischen den Begrenzungsflächen des Hohlraumes überhaupt nicht, weil die Leitung durch eine 4—5 mm dicke Schicht schnell genug erfolgt, um ein solches Latenzstadium der Abkühlung auszuschließen.

Bei erheblichen Dimensionen für den Abstand der beiden Zylinder versagt die Konstante $\beta \cdot \log e$ zur Beurteilung des Leitungsvermögens ganz, wenn größere Mengen von Wolle, Baumwolle usw. eingefüllt worden sind, d. h. man erhält um so kleinere Konstanten, je mehr Substanz eingefüllt wird.

Will man den absoluten Wärmedurchgang berechnen, so muß man berücksichtigen, daß er von der Abkühlungsgeschwindigkeit $\beta \cdot \log e$, von der Menge der Wärme, welche der Innenzylinder abzugeben vermag, von dem Abstand der Begrenzungsflächen, deren mittlerem Flächeninhalt und von dem Wasserwert der Füllung abhängt. Bezeichnet man mit P das Gewicht, C die spezifische Wärme des Zylinders, Δ den Abstand der Zylinder, F ihre mittlere Oberfläche*), W den Wasserwert der eingefüllten Stoffe, so ist das Leitungsvermögen

$$k = \frac{P \cdot C \cdot \Delta}{0{,}4343 \cdot F} \cdot \beta \cdot \log e \cdot \left(1 + \frac{W}{4 \cdot P \cdot C}\right)$$

Um den Wasserwert der Füllung zu berechnen, muß man ihre spezifische Wärme kennen. Diese beträgt mm:

bei Baumwollwatte (lufttrocken)	0,495
bei deutscher Wolle	0,560
bei Seide	0,545.

Eine Zusammenstellung der von Rubner angestellten Untersuchungen bei Wolle, Seide und Baumwolle zeigt die Tabelle S. 27 oben.

Setzt man das Leitungsvermögen der Luft gleich 1, so beträgt

das für Wolle	6,1,
das für Seide	19,2,
das für Baumwolle und Leinwand . . .	29,9.

Alle Grundstoffe leiten die Wärme besser als Luft; da die Gewebe dagegen aus viel Luft und wenig Stoffen bestehen, so muß ihr Leitungsvermögen wesentlich vom Luftgehalt abhängen, erst in zweiter Linie von der Grundsubstanz des Stoffes. Das Wärmeleitungsvermögen ist stets größer, wenn die Wärme sich an der Faser entlang verbreiten kann, geringer dagegen, wenn sie quer von Faser zu Faser übertreten muß. Dies ist von großer Bedeutung, wenn man an die Anordnung der einzelnen Fasern

*) D. h. die halbe Summe der Oberflächen der Zylinder.

Füllung	$\beta \cdot \log e$	k
Luft	0,000 736	0,0000 532
Deutsche Wolle	0,000 760	0,0000 573
Australische Wolle	0,000 771	0,0000 579
Kamelwolle	0,000 775	0,0000 582
Kuhhaare, sibirische	0,000 770	0,0000 579
Roßhaare	0,000 752	0,0000 565
Menschenhaare	0,000 771	0,0000 579
Eiderdaunen	0,000 764	0,0000 574
Luft	0,000 723	0,0000 532
Chinesische Seide	0,000 841	0,0000 633
Mailändische Seide	0,000 801	0,0000 604
Turiner Seide	0,000 800	0,0000 603
Luft	0,000 723	0,0000 532
Baumwolle	0,000 858	0,0000 648
Holzwolle	0,000 856	0,0000 646
Flachs	0,000 850	0,0000 642
Seegras	0,000 815	0,0000 615

im Hohlraum des Kalorimeters denkt. Die Unterschiede im Leitungsvermögen treten deutlicher hervor, je nachdem ob die Fasern parallel zu der wärmeabgebenden Fläche angeordnet sind, wie z. B. beim gewöhnlichen Leinen, oder ob die Fasern vertikal zu den genannten Flächen stehen.

Es interessiert weiter noch die Frage, ob das Wärmeleitungsvermögen mit der Dichte der Füllung des Kalorimeters wächst und in welchem Zahlenverhältnis dies geschieht. Füllt man das Kalorimeter mit 2 g, 4 g, 6 g, was einem Luftgehalt von 97, 94 und 91 % entspricht, so erhält man für Wolle, Seide und Baumwolle folgende Werte:

Füllung	g	$\beta \cdot \log e$	k	Relative Werte km
Luft	0	0,000 380	0,0000 588	100
Wolle	2	0,000 410	0,0000 685	106,4
Wolle	4	0,000 445	0,0000 757	128,7
Wolle	6	0,000 463	0,0000 803	136,4
Luft	0	0,000 380	0,0000 588	100
Seide	2	0,000 415	0,0000 686	116,6
Seide	4	0,000 440	0,0000 749	127,8
Seide	6	0,000 463	0,0000 802	136,3
Luft	0	0,000 380	0,0000 588	100
Baumwolle	2	0,000 446	0,0000 743	126,3
Baumwolle	4	0,000 490	0,0000 830	141,1
Baumwolle	6	0,000 572	0,0000 985	167,4

Es ergibt sich also die Schlußfolgerung, daß mit der Veränderung der Dichte eines Gemenges von Luft und Kleidungsstoffen das Wärmeleitungsvermögen sich ändert wie die Gewichte der Grundsubstanz. D. h. die Änderung des Leitungsvermögens geht dem spezifischen Gewichte der Kleidungsstoffe parallel.

Das Leitungsvermögen der Gewebe ist jedoch diesen, bisher festgestellten Werten nicht gleichzusetzen, da der Faserverlauf, die Dichte, Dicke der Gewebe mit berücksichtigt werden müssen.

Das typische Leitungsvermögen, das vom Faserverlauf im Kalorimeter abhängt, ist jenes Leitungsvermögen, das sich bei Geweben einer Grundsubstanz finden läßt, wenn sie in gleichen Gewichtsmengen und gleicher Raumgröße untersucht werden.

Das reelle Leitungsvermögen ist eine Größe, die auf gleiche Dicke des Stoffes bezogen ist und die sich bei dem natürlichen spezifischen Gewicht und Porenvolumen vorfindet.

Bei der Dicke von 1 cm und 1 qcm fand Rubner als „Reelles Leitungsvermögen“:

Luft	0,0000532
Wolltrikot	0,0000676
Baumwolltrikot	0,0001004
Leinentrikot	0,0001186
Bauernleinen	0,0001005
feine Leinwand	0,001335
feinste Baumwolle, glatt	0,000076
Sommerkammgarn	0,0000772
Winterkammgarn	0,0000733
Loden	0,0000761

Werden die Stoffe so untersucht, wie sie fabrikmäßig hergestellt werden, also unter Berücksichtigung der Dicke der Stoffe, so erhält man die Wärmedurchgangswerte. Diese werden in erster Linie beeinflußt durch die ungleiche Dicke der Kleidungsstoffe, in zweiter Linie durch die ungleiche Dichte der Stoffe, in dritter Linie durch das ungleiche Leitungsvermögen der Grundstoffe.

Hier möge eine Zusammenstellung folgen, wie sie von Rubner angegeben wird:

	Gewebe	Dicke in mm	Wärmedurchgang pro 1 qcm in 1″ bei 1° Temperaturdifferenz g/cal
Unterkleidung	Wolltrikot	0,46	0,002054
	Wolltrikot	1,12	0,000635
	Baumwolltrikot	1,01	0,000994
	Baumwolltrikot	2,25	0,000425
	glattes Leinen	0,23	0,005795
	glatte Baumwolle	0,15	0,005913
Oberkleidung	Sommerkammgarn	1,00	0,000772
	Winterkammgarn	2,50	0,000293
	Loden	3,00	0,000253
	Waffenrock	1,62	0,000568
	Militärhose	1,50	0,000624
	grauer Mantel	2,00	0,000402

Man ersieht aus der Zusammenstellung, daß der Wärmedurchgang außerordentlich großen Schwankungen unterworfen ist. Der dünne Leinenstoff hat einen Wärmedurchgang von $5913 \cdot 10^{-6}$ g-Kalorien, das andere Extrem ist Lodenstoff mit einem solchen von $253 \cdot 10^{-6}$ g-Kalorien. Die Dicke variiert um das 24fache bei den untersuchten Geweben, der Wärmedurchgang etwa um das 20fache.

Vergleicht man endlich das Wärmeleitungsvermögen der Grundsubstanzen der Kleidung mit anderen Stoffen, so ergeben sich folgende Leitungskonstanten k:

für Kupfer	1,108
„ Holzfaser	0,00141
„ Wasser	0,001
„ Muskel längs)	0,000632
„ „ (quer)	0,000615
„ Haare	0,00048
„ Rindsfett	0,000418
„ Luft	0,000053

Die angegebenen Werte gelten für die trockene Substanz. Werden die Stoffe naß, sei es, daß sie Wasser hygroskopisch einlagern oder noch mehr Wasser, so wird das Leitungsvermögen außerordentlich stark beeinflußt, da das Wasser die Wärme ungefähr so gut leitet wie die vegetabilische Faser. Besonders stark ist dieser Einfluß bei Wolle ausgeprägt, wo zwischen absolut trockener Substanz und Wasserdampf gesättigter ein Unterschied im Leitungsvermögen von 109,8%, dagegen bei Seide nur ein solcher um 41% und bei Baumwolle ein solcher um 16% besteht.

Wenn man Stoff mit kleineren und größeren Mengen von Wasser befeuchtet und dann in das Stefansche Kalorimeter bringt, so kann man den Wärmedurchgang genau bestimmen. In der folgenden Zusammenstellung, die von Rubner stammt, wurde jeder Stoff einmal mit einer kleinen, dann mit einer größeren Wasserbefeuchtung untersucht, die so gewählt wurde, daß sie annähernd der minimalsten Wasserkapazität entsprach.

Substanz	Volumen Luft	Volumen Wasser	Volumen Feste Stoffe	$\beta \cdot \log e$	k für Luft = 0,0000576	Relativzahl z. Luft	k für Luft = 0,0000532
Wollflanell	87,0	0	13,0	0,000801	0,0000737	137,1	0,0000723
	75,0	13,3	11,7	0,00128	0,0001230	213,4	0,0001136
	58,8	28,2	13,0	0,001682	0,0001680	291,5	0,0001552
Wolltrikot	87,9	0	12,0	0,000778	0,0000710	123,1	0,0000656
	74,7	13,3	12,0	0,001409	0,0001348	234,0	0,0001245
	61,5	26,5	12,0	0,001684	0,0001689	293,0	0,0001560
Kaschmir	83,7	0	16,3	—	—	110,1	0,0000585
	70,4	13,3	16,3	0,001379	0,0001334	231,3	0,0001231
	57,2	26,5	16,3	0,001775	0,0001799	312,1	0,0001662
Seide, glatt	83,0	0	17,0	—	—	123,6	0,0000658
	69,7	13,3	17,0	0,001412	0,0001367	237,3	0,0001263
	56,5	26,5	17,0	0,001816	0,0001842	319,6	0,0001701
Batist	81,7	0	18,3	—	—	152,1	0,0000810
	68,4	13,3	18,3	0,001637	0,0001604	278,3	0,0001482
	55,2	26,5	18,3	0,001931	0,0001981	343,7	0,0001830
Loden (Innsbruck)	85,4	0	14,6	—	—	141,5	0,0000733
	70,8	14,6	14,6	0,001395	0,0001350	234,2	0,0001247
	57,1	28,3	14,6	0,001622	0,0001647	285,7	0,0001521
	41,0	44,4	14,6	0,002236	0,0002394	415,4	0,0002211
Winterkammgarn	83,2	0	16,8	0,000840	0,0000775	134,4	0,0000715
	69,5	13,7	16,8	0,001236	0,0001201	208,5	0,0001110
	56,5	26,5	16,8	0,001630	0,0001654	287,1	0,0001526

Man ersieht, daß die Einlagerung des Wassers das Leitungsvermögen erhöht. Die Vermehrung ist selbst bei geringen Wassermengen eine ungemein erhebliche. Wenn nur 13 Raumteile vorhanden sind, so kann das Leitungsvermögen fast um das Doppelte steigen. Bei den Lodenstoffen, wo die reichlichste Variation hinsichtlich der Befeuchtung vorgenommen wurde, steigerte sich schließlich der Wärmedurchgang auf das 3fache,

obschon der Stoff noch 44,6 Raumteile hatte, welche mit Wasser gefüllt werden konnten.

Da die Stoffe bei natürlicher Befeuchtung nur selten mehr Wasser enthalten als der minimalsten Wasserkapazität entspricht, zeigen uns die Werte des Leitungsvermögens in trockenem Zustande und im Zustande der minimalsten Wasserkapazität, innerhalb welcher Grenzen bei den einzelnen Stoffen in Praxi das Leitungsvermögen schwanken kann.

Die Grenzwerte für das Leitungsvermögen im benetzten und trokkenen Zustand sind folgende:

Stoff	Enthält bei minimalster Wasserkapazität X Volumen Wasser	Wärmeleitungsvermögen Luft = 0,0000532		Trocken: feucht wie 1:
		trocken	naß	
Wollflanell	13,3	0,0000723	0,0001136	1,56
Wolltrikot	23,0	0,0000656	0,0001425	2,17
Kaschmir	22,1	0,0000585	0,0001482	2,53
Seide	30,0	0,0000658	0,0001844	2,80
Batist	44,1	0,0000810	0,0002503	3,09
Loden	38,4	0,0000735	0,0001896	2,58
Glattgewebte Baumwolle .	50,5	0,0000810	0,0002750	3,39
Winterkammgarn	22,1	0,0000715	0,0001438	2,01

Die Wärmeleitung nimmt bei den lockeren Stoffen bei der Benetzung weit weniger rasch zu, als bei denen mit geringem Luftgehalt. Hinzu kommt, daß die Wollstoffe durch die Zunahme an hygroskopischer Feuchtigkeit, die jeder Benetzung durch Schweiß vorangeht, verändert werden, also allmählich zu den höheren Werten des Wärmeverlustes führen, während ein solches Verhalten der vegetabilischen Faser fehlt. Bei glattgewebten Leinen-, Seiden- und Baumwollstoffen fehlt außerdem das Vermögen zur Faltenbildung, infolgedessen sind auch die Lufteinschlüsse geringer.

Zur Untersuchung über das Wärmestrahlungsvermögen der Kleiderstoffe dient der Leslieschе Würfel. Er besteht aus Messing, hat 14 cm Seitenlänge und befindet sich in einer bestimmten Entfernung von einer empfindlichen Thermosäule, die ihrerseits mit einem Galvanometer in Verbindung steht. Der Würfel ist hinter einem Schirm von 1½ cm dickem Holz aufgestellt, dieser hat einen Ausschnitt für die ausstrahlende Fläche des Leslieschen Würfels. Der Ausschnitt ist für gewöhnlich durch eine Korkplatte geschlossen, die nur während des Versuches selbst weggenommen wird. Dann erst wird die Säule, die ein Thermometer zur Ablesung der Temperatur besitzt, durch Entfernen eines Messingdeckels geöffnet. Vor dem Versuch muß geprüft werden, ob die Thermosäule alle auf den Trichter fallenden Strahlen auf den geschwärzten Elementen vereinigt. Der Schirm, hinter dem der Leslieschе Würfel steht, hat an der, diesem zugekehrten Seite in 1 cm Abstand nochmals einen zweiten Schutz gegen Erwärmung in Gestalt einer Holz- und Korkfütterung. Der Würfel wird vollständig mit Wasser von 99—100° gefüllt und während der Versuche auf dieser Höhe gehalten; der Gasbrenner wird während der Beobachtung der Ausstrahlung abgestellt, damit er nicht störend wirkt. Die durchschnittliche Abkühlung des Würfels während der Zeit der Ablesung der Skala beträgt dann 0,2—0,3°, meist noch weniger.

Das Galvanometer liest man mittels Fernrohrs aus einer Entfernung von 3 m ab. Besondere Aufmerksamkeit hat man einer gleichmäßigen Erwärmung der Stoffe zuzuwenden, da sie keineswegs so rasch erfolgt

wie man meint. Die Ablesungen müssen daher in größeren Zeiträumen so lange wiederholt werden, bis sie konstant sind. Wenn man die Versuche im geheizten Zimmer anstellt, ist darauf zu achten, daß die Heizung die Säule nicht bestrahlt, was man durch Zwischenstellen eines großen Pappschirmes erreicht.

Die Stoffe müssen gleichmäßig gelagert werden, sie sind öfter zu erneuern, da sie bei mehrmaligem Gebrauch völlig ihre Form und ihre Beschaffenheit ändern.

Um jede unnötige Erwärmung zu vermeiden, wird der Würfel bei der Anheizung von dem Schirme zurückgezogen. Während einer Versuchsreihe steht der Würfel immer in gleichem Abstande von der Säule, in der Regel stellt man ihn in einer Entfernung von 35 cm von der Säule auf.

Bei jeder vergleichenden Reihe werden alle Versuchsbedingungen gleich erhalten und insbesondere auf eine gleichbleibende Stubentemperatur geachtet. Die zu vergleichenden Versuche sind immer kurz hintereinander anzustellen und so lange zu wiederholen, bis eine vollkommene Übereinstimmung der Resultate erhalten wird.

Um nun den Wärmeverlust durch Strahlung in absolutem Maß ausdrücken zu können, werden zunächst die Werte für die Stoffe in Beziehung gesetzt zu dem für Ruß. Diese relativen Werte, die auch auf appretierte Baumwolle bezogen werden können, sind dann folgende:

Stoffart	Bez. auf appretierte Baumwolle = 100	Bez. auf Ruß = 100
Glänzender Seidenstoff . . .	95	83,3
Appretierte Baumwolle . . .	100	87,7
Waschleder	108,0	95,5
Sommerkammgarn	112,5	98,7
Ruß	114,0	100,0
Gewaschene Baumwolle . . .	116,6	102,2
Wollflanell	124,0	108,7
Trikotseide	125,2	109,9
Trikotbaumwolle	124,2	109,9
Trikotwolle	125,2	109,9

Die Bekleidungsstoffe haben zum Teil ein geringeres, zum Teil ein höheres Wärmestrahlungsvermögen als Ruß. Erhebliche Differenzen liegen nur bei Seidenstoff und bei der appretierten Baumwolle vor. Nur unbedeutend niedriger als bei Ruß ist das Strahlungsvermögen bei Waschleder und Sommerkammgarn. Größer als jenes von Ruß ist das Strahlungsvermögen der Flanell- und Trikotstoffe.

Will man den absoluten Wert der Wärmestrahlung berechnen, so wählt man aus praktischen Gründen den Wärmeverlust einer Fläche von 1 qm für 1 Stunde Zeit, wenn die ausstrahlende Fläche eine Temperatur von 100° und die Umgebung eine solche von 0° hat.

Der Wärmeverlust durch Strahlung beträgt bei Ruß in 1 Minute für 1 qcm und die Differenz 100—0° 0,996 Kal. Daraus folgt, daß in 1 Stunde 1 qm Rußfläche unter den eben genannten Temperaturverhältnissen 597,6 Kal. durch Strahlung verliert. Rubner berechnete dann den Wärmeverlust durch Strahlung, der nicht bei allen Temperaturen zwischen 0 und 100° gleich ist, für 1 qm Fläche, 1 Stunde Zeit und 1° Temperaturdifferenz.

bei 0° zu 3,55 Kal.
bei 15° zu 4,16 Kal.
bei 30° zu 4,85 Kal.

Für die Temperatur von 15° sind dann die absoluten Werte der Strahlung für 1 qm Fläche, 1 Stunde Zeit und 1° Temperaturdifferenz:

Seidenstoff	3,46	Kal.
Appretierte Baumwolle	3,56	„
Waschleder	3,97	„
Sommerkammgarn	4,11	„
Ruß	4,16	„
gewaschene Baumwolle	4,25	„
Wollflanell	4,51	„
Trikotseide	4,53	„
Trikotbaumwolle	4,53	„
Trikotwolle	4,58	„

Über die Absorption der Kleidung für Strahlen liegen von Pettenkofer Bestimmungen vor, der fand, daß, wenn Weiß 100 Wärmeeinheiten aufnimmt, Hellgelb 102, Hellgrün 152, Dunkelgelb 140, Dunkelgrün 161, Rot 168, Hellbraun 198, Schwarz 208 absorbiert. Zur Ermittlung dieser Zahlen setzte Krieger mit kaltem Wasser gefüllte Zylinder nach Umhüllung mit verschiedenfarbigen Stoffen unter gleicher Neigung den Sonnenstrahlen aus und bestimmte die Temperatursteigerung des Wassers.

Boubnoff stellte Untersuchungen über die Permeabilitätsverhältnisse der Kleidungsstoffe zum chemisch wirkenden Sonnenstrahl an. Er verfuhr dabei so, daß er auf ein Brett ein photographisches Papier, darauf das zu untersuchende Zeug unter ein farbloses Glas glatt legte. Sodann wurde 15 Minuten bei diffusem Tageslicht exponiert, später das Papier entwickelt und fixiert und der verschieden starke Grad der Schwärzung mit dem Auge festgestellt. Oder aber ein Bunsensches Fettfleckphotometer wurde auf Lichtgleichheit eingestellt und dann das geschwärzte Papier auf der einen Seite des Photometers dazwischen gebracht. Dadurch trat dort eine Abschwächung der Beleuchtung ein, die proportional dem Grade der Schwärzung war und durch die die für erneute Lichtgleichheit notwendige Verstärkung der Lichtquelle in Normalkerzen gemessen werden konnte.

Boubnoff fand mit dieser Methode folgendes:

Untersuchte Zeugarten	Zahl der Normalkerzen, die auf der Seite des Abdruckes in Anspruch genommen werden, wenn die andere Seite mit der Stärke von 0,24 Normalkerzen beleuchtet war.
Ungefärbter Flanell	4,83
Schwarzer Flanell	0,72
Roter Flanell	0,87
Gelber Flanell	0,81
Grüner Flanell	0,84
Blauer Flanell	0,98
Ungefärbte Leinwand	12,56
Schwarze Leinwand	0,85
Rote Leinwand	0,88
Gelbe Leinwand	1,10
Grüne Leinwand	0,89
Blaue Leinwand	1,49
Ungefärbter Schirting	16,65
Schwarzer Schirting	0,70
Roter Schirting	0,71
Gelber Schirting	0,79
Grüner Schirting	0,74
Blauer Schirting	0,66

Im ungefärbten Zustande besitzen die Zeuge alle eine höhere Permeabilität für die chemisch wirkenden Lichtstrahlen als im gefärbten; am geringsten ist der Grad der Permeabilität bei schwarzem Zeug. Es ist jedoch nicht nur die Farbe, sondern auch die Dicke der Kleidungsstoffe für die Permeabilität ausschlaggebend, in geringem Grade auch die Art des Stoffes.

P. Schmidt konnte zeigen, daß eine aktinische Wirkung des Sonnenlichtes und selbst noch künstlichen Lichtes (Nernstlichtes) durch die ganze Dicke eines Schädels inklusive einer Haarschicht von mehreren Millimetern stattfindet. Zu diesem Zweck wurden photographische Platten mit einem Kreuz von Kupferblech versehen, in der Dunkelkammer unter eine Schädelkalotte gebracht, derart, daß der Schädel in eine mit Ruß geschwärzte Paraffinmasse fest eingefügt wurde und die Platte dicht umschloß. Daraufhin wurde die so verhüllte Platte das eine Mal dem Sonnenlicht, das andere Mal Nernstlicht (65 Kerzen-Lampe) exponiert. Die Entwicklung und Fixierung geschah in allen Fällen mit den gleichen Mitteln. (S. die Photogramme im Arch. f. Hyg. 1903, Bd. 47, S. 277.)

Damit aber würde die Frage, ob die aktinischen oder die thermischen Strahlen den Sonnenstich hervorrufen, noch nicht gelöst sein. Um den Einfluß dieser beiden Strahlenarten einzeln zu untersuchen, wurde das eine Mal der glattrasierte Schädel eines Meerschweinchens in nächster Nähe einer 65kerzigen Nernstlampe, die noch relativ viel dunkle Wärme ausstrahlt, ½ Stunde lang bestrahlt, das andere Mal dagegen lediglich ultraviolette und helle Strahlen benutzt. Dieselben kamen von einer starken mit 16 Ampère und 220 Volt gespeisten Bogenlampe und wurden von einem Quarzlinsensystem gesammelt. Die dunklen Wärmestrahlen dieser außerordentlich kräftigen Lichtquelle waren durch eine in das Quarzlinsensystem eingeschaltete Wasserkühlvorrichtung völlig ausgeschaltet. — Die einzige Wirkung einer ½stündigen Bestrahlung mit diesem stark aktinischen Lichte war eine Rötung der bestrahlten Hautstelle, die in einigen Tagen wieder verschwand. Das Tier blieb munter und fraß wie zuvor. — Im anderen Falle, wo die dunklen Wärmestrahlen einer schwächeren Lichtquelle verwendet wurden, war das Tier tagelang freßunlustig, saß bewegungslos in einer Ecke des Käfigs. Die bestrahlte Hautpartie wurde allmählich bis auf den Knochen nekrotisch und mumifiziert. Das Tier ist bald darauf eingegangen.

In welcher Weise die Wärmestrahlen die Gewebe durchdringen, stellte P. Schmidt mit folgender Versuchsanordnung fest.

Die Untersuchungen geschahen auf thermoelektrischem Wege mittels eines Galvanometers. Das zu prüfende Gewebe wurde eingeschaltet zwischen Wärmequelle und Thermosäule vor der 25 qcm weiten Öffnung eines wärmeundurchlässigen Pappeschirmes. Als Wärmequelle diente eine 65kerzige Nernstlampe im Abstande von 42 cm für Stoffe, ferner für eine Reihe von Untersuchungen auch Sonnenlicht.

Die Wärmemenge, welche durch das Gewebe hindurch die Rußfläche der Thermosäule traf, wurde durch die Ausschläge eines in den Stromkreis der Thermosäule eingeschalteten Galvanometers gemessen. In den Fällen, wo die Dauer der Einwirkung der Wärmestrahlen nur 1 Sekunde betrug, wurde die Öffnung und Schließung des Wärmekegels mittels eines Thornton-Pickardschen Patentverschlusses besorgt, der nach den Schlägen eines Maelzelschen Metronoms reguliert wurde. Die größeren Zeitwerte von 15 Sekunden an wurden mit dem Sekundenzeiger einer

Uhr gemessen; den Verschluß bewerkstelligte in den letzteren Fällen ein Asbestschirm.

Über die Vorbereitung der einzelnen Gewebe zur Messung ist folgendes zu sagen:

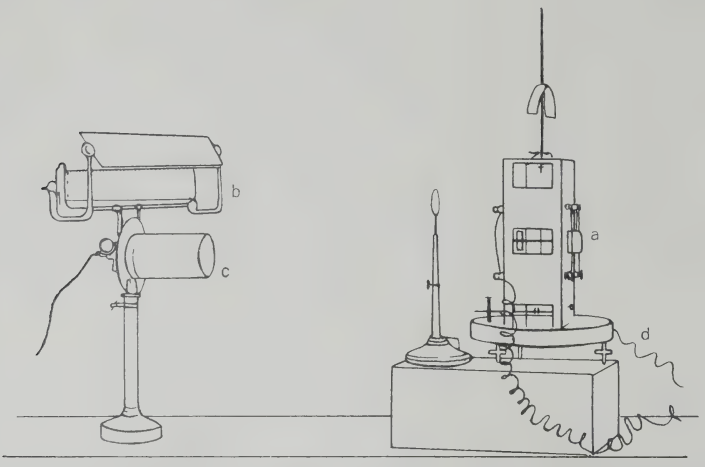


Fig. 15a. a Galvanometer, b Beobachtungsskala, c Lichtquelle zur Beleuchtung des Spiegels, d Drähte, zur Thermosäule führend. (Nach Schmidt, Arch. f. Hyg. 1903, Bd. 47, S. 263.)

Von besonderem Interesse war das Verhalten der Schädeldecke in ihrer ganzen Dicke, Dura mater, Knochen, Muskel, Faszie und Haut zusammen. Es wurde eine 12 mm dicke, soeben der frischen Leiche ent-

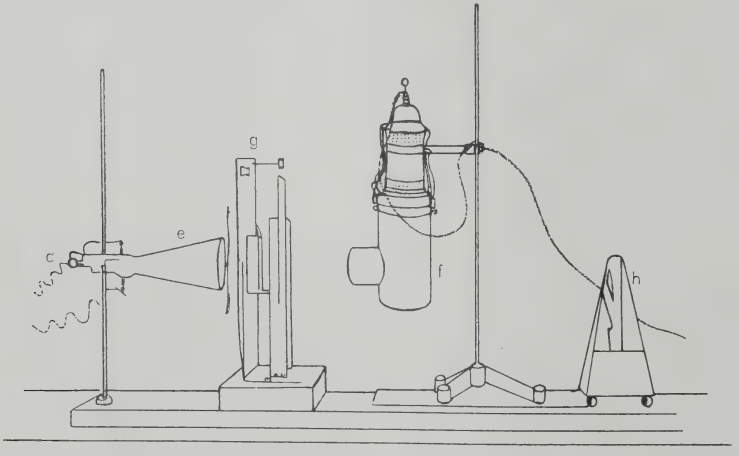


Fig. 15b. e Sammeltrichter, f Nernstlampe, g Zwischenschaltapparat, h Maelzesches Metronom. (Nach Schmidt, Arch. f. Hyg. 1903, Bd. 47, S. 263.)

nommene Schädelkalotte mit einer dünnen schwarzen Haarschicht (die einzelnen Haare waren etwa 5 mm lang) eingeschaltet. Die Haarschicht war, den natürlichen Verhältnissen entsprechend, der Wärmequelle zugekehrt. Haut, Fett, Muskel usw. wurden in gleicher Weise wie die Schädeldecke untersucht, wiederum mit der 65kerzigen Nernstlampe als Wärme-

quelle, und zwar in einem Abstand von 28 cm von der berußten Fläche der Thermosäule. Die Expositionsdauer war 15 Sekunden, wo eine irgend erhebliche Strahlung wohl noch nicht statthat. Um gleichmäßig dicke Gewebsschichten herstellen zu können, wurden Glaskästchen konstruiert, deren hintere Wand sich beliebig gegen die vordere, feste verstellen ließ. Diese Glaswände bestanden aus Spiegelglas und waren beide je 1 mm dick, so daß der Beobachtungsfehler infolge Reflexion und Absorption am Glas bei allen Versuchen derselbe blieb.

Art des Gewebes	Dicke der Schichten ohne Glas	Zeitdauer der Einwirkung	Ausschlag des Galvanomet. in mm
Muskel mit Faszie	3	15	73
Fett (frisch von der Leiche)	3	15	48
Knochen (frisch abgeschliffen)	3	15	30
Gehirn (inkl. der grauen Rinde)	3	15	12
Blut (von 100% Hämoglobin defibriniert) .	3	15	12
Schädelkalotte	12	15	3,5
Weiße Haut (ohne Fett)	1	15	134
Schwarze Haut	1	15	65

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, daß Blut und Gehirn wenig, Knochen und Fett mäßig, Muskel viel Licht durchläßt. Die weiße Haut des Europäers läßt doppelt soviel Wärme durch als die Haut des Negers.

Eine quantitative Bestimmung der in die Schädelkapsel und in die Körpergewebe eindringenden Wärmemenge nahm Schmidt in folgender Weise vor.

Wenn die auf einen diathermanen Körper treffende Wärmemenge mit E, die durch denselben hindurchstrahlende mit e bezeichnet wird, so drückt sich die Durchlässigkeit δ dieses Körpers in dem von der Strahlungsintensität selbst unabhängigen Quotienten aus:

$$\frac{e}{E} = \delta$$

Dieser Wert δ ist für jeden diathermanen Körper mittels Thermosäule und Galvanometer feststellbar. Zu dem Zwecke hat man nur nötig, das eine Mal die Thermosäule mit, das andere Mal ohne Vorschaltung des Objektes mit derselben Lichtquelle zu bestrahlen, wobei zu große Ausschläge mit Widerständen zu verringern und darnach umzurechnen sind. Kennt man nun δ und das einer beliebigen Strahlung zukommende E, so ist das entsprechende e ohne weiteres durch Rechnung feststellbar:

$$e = E \cdot \delta$$

Nimmt man die Prüfung der Durchlässigkeit nicht mit weißem Lichte, sondern mit den einzelnen Spektralfarben von bekannter Wellenlänge vor, so lassen sich die Werte ohne weiteres in eine Beziehung zum Sonnenlichte setzen. Es müssen sich die Wärmemengen der durchgehenden und der auffallenden Strahlen wie die Integrale der e- und E-Kurven verhalten. Nennt man s die gesamte Wärmemenge der durchgehenden Strahlen, S die der auffallenden (= der gesamten Strahlungsenergie der Sonne), so ist demnach:

$$s = \frac{\int e \cdot d\lambda}{\int E \cdot d\lambda} \cdot S$$

$$s = \frac{\int E \cdot \delta \cdot d\lambda}{\int E \cdot d\lambda} \cdot S$$

Die Solarkonstante beträgt 3—4 g-Kal. pro Quadratzentimeter und Minute (im Äther), während in unserer Breite die Gesamtstrahlung der Sonne auf der Erde 0,4—1,6 g-Kal. ausmacht. Man wird also für die Gesamtstrahlung der Sonne in den Tropen bei der Steilheit der auffallenden Strahlen getrost 2 g-Kal. annehmen dürfen.

Die von λ (d. i. die Wellenlänge der einzelnen Spektralfarben) abhängigen Werte für E (= gesamte Wärmestrahlung) lassen sich hinreichend genau nach der folgenden Formel berechnen:

$$E = \frac{\text{Konstante}}{\lambda^5} \cdot e^{-\frac{\beta}{\lambda \cdot T}},$$

wobei e die Basis der natürlichen Logarithmen, $\beta = 14440$ und T die absolute Temperatur der Sonne bedeuten. Es ist dies die für den „schwarzen Strahler" gültige Formel von W. Wien.

Bedenken könnten entstehen, ob die Sonne als „schwarzer Strahler" zu betrachten ist, Da aber nach Versuchen von Langley und anderen die nach der Formel berechneten Werte gut mit den durch direkte Beobachtung gefundenen (natürlich nach Berücksichtigung der durch Kohlensäure und Wasserdampf der Atmosphäre bewirkten Absorption) übereinstimmen, so dürfen auf jeden Fall die E-Werte aus der angeführten Gleichung berechnet werden können. Für die absolute Temperatur der Sonne ist dabei der Wert $T = 5700^0$ zu setzen.

Selbstverständlich bringt die obige Formel nicht den Einfluß der Absorption in der Erdatmosphäre zum Ausdruck. Man rechnet also nicht mit der wirklich vorhandenen Strahlung, sondern mit einer idealen, die von der wirklichen immerhin etwas abweicht. Da aber der Einfluß der Absorption hauptsächlich im Ultra-Rot sich bemerkbar macht, wo bereits E, und wie die später anzuführenden Versuche erkennen lassen, auch δ gering werden, so darf diese Ungenauigkeit wohl außer acht gelassen werden.

Die auf die beschriebene Weise erhaltenen Werte für E und δ sind nun in ihrer Abhängigkeit von λ in Kurven darzustellen und aus diesen Kurven für jedes λ der Wert $e = E \,.\, \delta$ zu berechnen.

Die von den so gewonnenen E- und e-Kurven begrenzten Flächen, d. h. die Integralwerte $\int E \, \delta \, \lambda$ und $\int e \, \delta \, \lambda$, sind mit dem Planimeter auszumessen. Alsdann kann für jede absorbierende Schicht leicht der hindurchtretende Teil der Sonnenstrahlung berechnet werden:

$$s = \frac{\int e \, d\lambda}{\int E \, d\lambda} S.$$

Was die Ermittlung der δ-Werte anlangt, so sei zunächst eine prinzipielle Schwierigkeit hervorgehoben. Die auf ihre Durchlässigkeit zu untersuchende Schicht absorbiert die auffallende Strahlung nicht nur, sondern macht sie auch diffus. Die hindurchgehende, von der Thermosäule aufgefangene Energie hängt deswegen noch ab von der Ausdehnung der Schicht und von ihrem Abstand von den Lötstellen, mit einem Worte von dem räumlichen Winkel, unter dem von den Lötstellen gesehen, diese Schicht erscheint. Dieser Winkel müßte, damit richtige δ-Werte erzielt werden, der Halbkugel gleichkommen.

Man kann nun entweder versuchen, diesen Verhältnissen nahezukommen oder man kann von vornherein die Strahlung durch vorgeschaltete

Mattgläser diffus machen und nun einfach dahinter die absorbierende Schicht einführen. Beide Verfahren wurden durchgeführt und lieferten δ-Werte, die zwar nicht ganz übereinstimmten, aber doch nur Unterschiede von 20% aufwiesen. Dabei besaß die absorbierende Schicht jeweils eine Ausdehnung von 40 · 40 mm, und ihre Oberfläche war etwa 10 mm von den Lötstellen der Thermosäule entfernt. Bei den Untersuchungen wurde deshalb immer mit diffus gemachtem Licht gearbeitet.

Die Thermosäule, nach den Angaben von Rubens ausgeführt, besaß dünn ausgeschlagene, gut berußte Lötstellen und nahm deswegen schon nach ca. 10 Sekunden den definitiven Erwärmungszustand an; es konnte deshalb jedesmal bis zur konstanten Galvanometereinstellung gewartet werden.

Die Thermosäule war in ein besonderes, durch Metalldeckel verschließbares Kästchen eingebaut, in das die Mattglasscheiben und außerdem die auf durchbrochenem Metallschieber befestigten absorbierenden Schichten eingeführt werden konnten. Die Versuche fanden dann in der Weise statt, daß erst ohne, dann mit dem absorbierenden Körper die Einstellungsänderungen des mit der Thermosäule ständig verbundenen Galvanometers beobachtet wurden, wie sie beim Öffnen und Schließen des erwähnten Metalldeckels entstanden. Daß man die mit Widerständen verringerten Ausschläge zum vollen Werte umrechnen darf, wurde durch Versuche besonders erwiesen.

Als Strahlungsquelle diente eine 20-Ampèrebogenlampe, deren Licht mit einer Linse gesammelt und mit einer Wasserküvette für das helle Spektrum gekühlt wurde. Durch geeignete Lichtfilter (verschiedenfarbige Glasplatten, Glastrog mit Jod in Schwefelkohlenstoff mit und ohne Wasserküvette) wurden leidlich reine Strahlungen hergestellt, nämlich blau mit einer mittleren Wellenlänge von 0,47 μ, grün mit 0,55 μ, rot mit 0,75 μ, dunkelrot mit 0,80 μ und ultrarot mit 1,00 μ. Das Dunkelrot mit 0,80 μ ist natürlich nicht mehr sichtbar; es ist hier nur zum Unterschiede von der letzten Strahlenart nicht als ultrarot bezeichnet.

Es folgen die Durchstrahlungswerte (δ) bei Haut (Bauchhaut), Fett, Muskel (mit längsverlaufender Faserrichtung), Schädelknochen, gesamte Schädeldecke mit Haut, Blut und Gehirn mit ihren zugehörigen Kurven.

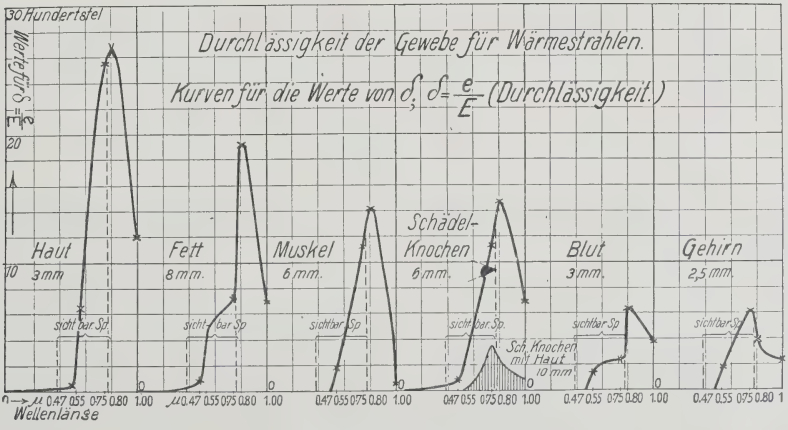


Fig. 16. Kurve I.
(Nach Schmidt, Arch. f. Hyg. 1908, Bd. 65.)

Lichtart und Wellenlange	Haut 3 mm	Fett 8 mm	Muskel 6 mm	Knochen 6 mm	Ganze Schädeldecke 10 mm	Blut 3 mm	Gehirn 2,5 mm
Blau . . 0,47 μ	0,004	0,009	0	0,007	0	0	0
Grün . . 0,55 μ	0,062	0,046	0,016	0,029	0	0,014	0,015
Rot . . . 0,75 μ	0,255	0,074	0,114	0,114	0,035	0,021	0,060
Dunkelrot 0,80 μ	0,265	0,190	0,140	0,146	0,021	0,061	0,037
Ultrarot . 1,00 μ	0,121	0,069	0,040	0,068	0,008	0,036	0,023

Im folgenden sind die Werte für E, e und e_1 (die durch die Haut hindurchgehende Wärme) zusammengestellt und in Kurven gezeichnet.

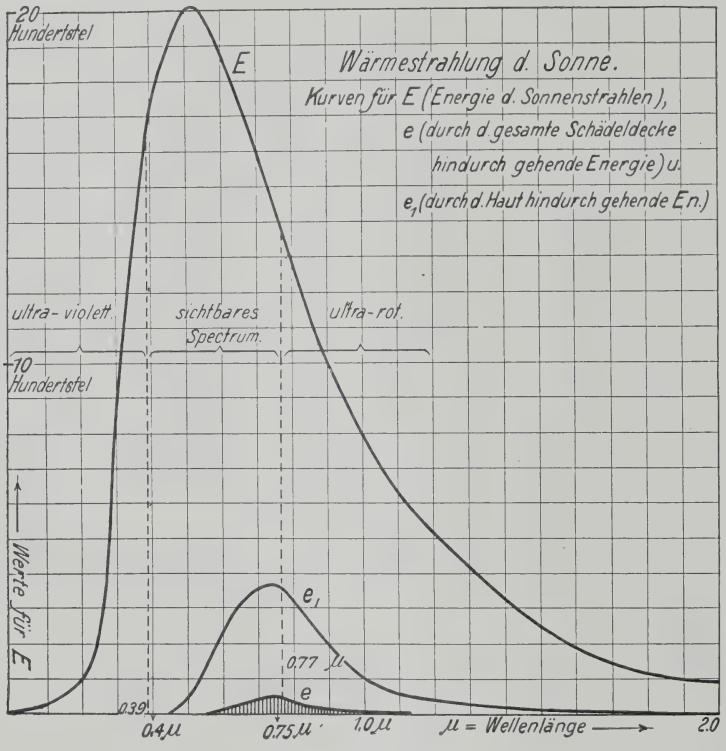


Fig. 17. Kurve II.
(Nach Schmidt, Arch. f. Hyg. 1908, Bd. 65.)

	Wellenlänge	Wert für E
Ultraviolett	0,20 μ	0,010
	0,30 μ	0,088
	0,35 μ	0,136
	0,40 μ	0,173
Blau	0,47 μ	0,196
Grün	0,52 μ	0,201
	0,57 μ	0,198
Gelb	0,59 μ	0,190

	Wellenlänge	Wert für E
Rot	0,70 μ	0,159
	0,75 μ	0,144
Dunkelrot .	0,80 μ	0,123
Ultrarot . .	0,90 μ	0,101
	1,00 μ	0,079
	1,50 μ	0,025
	2,00 μ	0,009

Gesamte Schädeldecke.

	Wert für δ	Wert für E	Wert für e
Blau	0	0,196	0
Grün	0	0,198	0
Rot	0,035	0,144	0,005
Dunkelrot	0,021	0,128	0,003
Ultrarot	0,008	0,079	0,001

	Wert für δ	Wert für E	Wert für e_1
Blau	0,004	0,196	0,001
Grün	0,062	0,198	0,012
Rot	0,255	0,144	0,037
Dunkelrot	0,265	0,128	0,034
Ultrarot	0,121	0,079	0,010

Dann siehe Kurven im Arch. f. Hyg. 1908, Bd. 65, S. 23.

Die Integrale der drei obigen Kurven wurden mit einem Amslerschen Planimeter ausgemessen. Sie betragen:

$$\int E\, d\lambda = 138{,}5 \text{ qcm}$$
$$\int e_1\, d\lambda = 12{,}0 \text{ ,,}$$
$$\int e\, d\lambda = 1{,}4 \text{ ,,}$$

Danach berechnet sich also die durchgehende Wärmemenge s wie folgt:

$$s = \frac{\int e\, d\lambda}{\int E\, d\lambda} \cdot 2 = 0{,}02\,g - \text{Kal.}$$

$$s = \frac{\int e_1\, d\lambda}{\int E\, d\lambda} \cdot 2 = 0{,}17\,g - \text{Kal.}$$

Das heißt also, daß die mittlere Temperaturerhöhung der unterhalb der knöchernen Schädelkapsel gelegenen Schicht von 1 cm Dicke, deren spezifische Wärme = 1 gesetzt, in 1 Minute 0,02° C betragen würde, wenn keine Ableitung der Wärme nach der Tiefe oder Nachbarschaft stattfände. In einer Stunde betrüge dieser Zuwachs 1,2°, oder wenn man nur die oberste 2 mm betragende Schicht (Hirnhaut und liquor cerebro-spinalis) berücksichtigt: 6° C.

Die Durchlässigkeit von Kleidungsstoffen für Licht verschiedener Wellenlänge wurde ebenfalls von P. Schmidt und zwar in folgender Weise geprüft:

Geschwärzte Trommeln aus Eisenblech, die mit verschiedenen Stoffen überzogen waren und deren innere Lufttemperatur mit luftdicht eingesetzten Thermometern gemessen war (Zylinder von 20 cm Länge und 10 cm Durchmesser), wurden entweder ohne weiteres mit dem Stoff überzogen oder im Abstand von 1 cm ringsum mit einem Drahtnetz überspannt, welches sodann erst mit dem Stoffnetz bekleidet wurde. Die Unterlage bildete überall dünner Trikotstoff. Die Trommeln wurden mit dem Längsdurchmesser senkrecht zur Sonnenstrahlung in der Mittagszeit exponiert. — Im Anschluß an diese Stoffuntersuchungen wurde die Reflexionsfähigkeit weißer und schwarzer Haut am Lebenden untersucht, bei der weißen Haut zur Gewinnung eines guten Durchschnittwertes auch an der Kadaverhaut.

Im folgenden sind zunächst einmal alle durchgehenden und reflektierten Energiemengen e, bestimmt bei den Wellenlängen 1,0 μ (ultrarot); 0,80 μ (dunkelrot, nicht sichtbar); 0,75 μ (rot); 0,55 μ (grün) und 0,47 μ (blau) und bezogen auf die Werte von der Energie der Sonnenstrahlung

$$E = \frac{\text{Konstante}}{\lambda^5} \cdot e - \frac{\beta}{\lambda \cdot T}$$

tabellarisch zusammengestellt. Die Berechnung geschah nach der Gleichung

$$e = E \cdot \delta,$$

wobei $\delta = \frac{e}{E}$, also der Quotient aus der durchgehenden bzw. reflektierten und der auffallenden Wärmestrahlung. Bemerkt sei, daß bei der Prüfung der Reflexion zum Vergleich ein Spiegel mit Silberbelag, der rund 98% aller auffallenden Energie reflektiert, herangezogen wurde. Die Spiegelreflexe konnten also getrost = 100% angesetzt werden. — Der Apparat zur Prüfung der Reflexion war ein dreikantiges Kästchen. Die eine, der Lichtquelle zugekehrte Fläche trug eine Mattglasscheibe, um das einfallende Licht diffus zu machen, die zweite den Spiegel bzw. den Stoff und die dritte die Thermosäule. Es war dafür gesorgt, daß die Thermosäule kein direktes Licht treffen konnte. Für die Versuche mit der Haut war vor die Thermosäule eine Glasscheibe gesetzt, um die störende Einwirkung der dunklen Eigenstrahlung des Körpers auszuschalten. Es folgt sodann eine übersichtliche Zusammenstellung der bei den Stoffen und bei der Haut gefundenen Werte auf die Solarkonstante = 1 g-Kalorie bezogen und in Prozenten ausgedrückt neben der Angabe der Luftdurchlässigkeit (Flanell = 1 gesetzt) und der Dicke des Stoffes.

Durchlässigkeitswerte $e = E \cdot \delta$.
(Dieselbe Webart, derselbe Stoff und dieselbe Dicke.)

Köper	weiß	blau	Batist	weiß	schwarz
I. ultrarot . .	0,0088	0,0050	I. ultrarot . .	0,0307	0,0284
II. dunkelrot .	0,0184	0,0097	II. dunkelrot .	0,0507	0,0199
III. rot	0,0230	0,0081	III. rot	0,0462	0,0166
V. grün . . .	0,0303	0,0121	IV. grün . . .	0,782	0,0251
IV. blau. . . .	0,0263	0,0055	V. blau . . .	0,0258	0,0284

Flanell	weiß	schwarz
I. ultrarot . .	0,0118	0,0115
II. dunkelrot .	0,0259	0,0241
III. rot	0,0183	0,00127
IV. grün . . .	0,0229	0,0012
V. blau . . .	0,0104	0

Reflexionswerte (reflektierte Energie beim Spiegel = 100% gesetzt.)

Köper	weiß	schwarz	Batist	weiß	schwarz
I. ultrarot . .	0,0409	0,0229	I. ultrarot . .	0,0249	0,0151
II. dunkelrot .	0,0614	0,0261	II. dunkelrot .	0,0442	0,0034
III. rot	0,0344	0,0245	III. rot	0,0387	0,00444
IV. grün . . .	0,0990	0,0119	IV. grün . . .	0,0515	0,0039
V. blau. . . .	0,0947	0,0084	V. blau . . .	0,0447	0,0027

Flanell	weiß	schwarz
I. ultrarot . .	0,0189	0,0229
II. dunkelrot .	0,0384	0,0358
III. rot	0,0327	0,0245
IV. grün . . .	0,0436	0
V. blau . . .	0,0255	0

Reflexion der Haut.

Weiße Haut (Durchschnitt aus lebender u. Kadaverhaut)		Schwarze Haut (lebend, tiefschwarzer Kruneger.)	
I. ultrarot . . .	0,0033	I. ultrarot . . .	0,0028
II. dunkelrot . . .	0,0079	II. dunkelrot . . .	0,0051
III. rot	0,0129	III. rot	0,0040
IV. grün	0,0188	IV. grün	0,0059
V. blau	0,0111	V. blau	0,0014

Die Werte der durchgehenden, absorbierten und reflektierten Wärmemenge auf die Solarkonstante (= 1 g-Kalorie in unserer Breite) bezogen und in Prozenten ausgedrückt.

Durchgehend		Absorbiert	Reflektiert	Dicke in mm
Köper, weiß	12	53	35	0,35
Köper, blau	4	83	13	0,35
Flanell, weiß	9	74	17	0,80
Flanell, schwarz	5	85	10	
Batist, weiß	26	53	21	0,08
Batist, schwarz	16	80	4	
Batist, weiß, doppelt	16	63	21	—
Batist, weiß außen	12,6	66,4	21	—
Batist, schwarz innen				
Solaro, englisch		—	—	0,40
Solaro, deutsch		—	—	0,40
Offizierskaki		—	—	0,75
Waffenrock (Infanterie)		—	—	0,90
Kaki, braun		—	—	0,50
Sommerstoff		—	—	0,40
Haut, weiß		—	5	—
Haut, schwarz		—	2	—

Die Resultate der Trommelversuche sind kurz dahin zusammenzufassen: in allen Fällen, wo der Stoff der geschwärzten Trommelfläche direkt auflag, stieg die Temperatur der Luft in den Trommeln beim schwarzen Stoff immer höher als beim weißen. Das gilt für Köper, Batist und Flanell, also Stoffe von stark differierenden physikalischen Eigenschaften. Für schwarz und weiß liegt derselbe Stoff von gleicher Dicke und Webart zugrunde. Ein darunter gelegter dünner Trikotstoff, das andere Mal ein weitmaschiger Netzstoff haben an den Resultaten nichts geändert.

Bei den Trommeln mit Luftmantel (1 cm dick) waren die Resultate bei Köper und Flanell, also bei dickeren, wenig ventilierbaren dieselben: schwarz immer höher als weiß. Überraschend war das Ergebnis jedoch bei Batistbekleidung und dem noch etwas dickeren Lüster. Hier zeigte sich in allen Versuchsreihen konstant, daß die Trommeln mit weißem Stoff höher temperiert waren als die mit schwarzem überzogenen. Zu dieser zweiten Versuchsreihe mit Luftmantel ist hinzuzufügen, daß die eine Stirn-

fläche der Trommel zur besseren Ventilation offen gelassen war, so wie etwa die Ärmel eines Rockes nicht geschlossen, sondern offen gelassen sind. Die Möglichkeit der Ventilation war auf diese Weise auch bei minimaler Luftbewegung vorhanden. Das verschiedene Verhalten der Trommeln findet durch die verschiedenen Werte der Diatermanität und der Ventilation seine physikalische Erklärung.

Von besonderem Interesse ist das Verhalten von Batist gegenüber Köper. Bei doppelter Durchlässigkeit, etwas geringerer Reflexion absorbiert eine Lage des dünnen weißen Batistes doch ebensoviel Wärme wie der um ein Vielfaches dickere weiße Köper. Die Durchlässigkeit vom schwarzen Batist ist um das Vierfache größer als die vom blauen Köper. Flanell steht in seinem thermischen Verhalten in der Mitte zwischen beiden bis auf die Durchlässigkeit, die vermindert ist gegenüber Köper und Batist.

Messung der Einschränkung des Wärmeverlustes durch die Kleidung mit Hilfe des Luftkalorimeters.

Das Luftkalorimeter von Rubner besteht aus einem 75 cm langen, 24 cm im Durchmesser fassenden Blechzylinder, der an der einen Seite flach zugespitzt ist. Dieser erste Zylinder ist von einem zweiten, ebenso gestalteten, umgeben, so daß ein Mantelraum von ungefähr 8 cm Dicke entsteht. Die Innenflächen der Zylinder sind schwarz angestrichen, in dem ersten Zylinder befindet sich ein kleiner Holzrost, auf dem beim Versuch der Arm der Versuchsperson ruht, ohne daß die Wandung des Kalorimeters berührt wird. Der von den beiden Zylindern eingeschlossene mantelförmige Luftraum ist absolut luftdicht gelötet, zu ihm führt von außen ein Ansatzrohr, welches ungefähr in der Mitte vom Zylinder angebracht ist. Das Kalorimeter ruht horizontal auf vertikal gestellten Brettchen, die halbkreisförmig ausgeschnitten sind. Die Basis der Zylinder wird durch eine anschraubbare Holzplatte verschlossen, in der sich eine kreisrunde Öffnung von 12 cm Durchmesser befindet; aus ihr hängt ein 20 cm langer, nach außen enger werdender Kautschukärmel, der rings um den Rand der Öffnung festgeklebt ist, und beim Versuch bis an die Achselhöhle der vor dem Kalorimeter sitzenden Versuchsperson reicht. Der innere Zylinder, der den Arm der Versuchsperson aufnimmt, kann ventiliert werden, da eine Stagnation der Luft bei Versuchen verhindert, der Wasserdampf, der von der Haut abgegeben wird, abgeführt und die Verhältnisse möglichst den natürlichen ähnlich gestaltet werden müssen. Um Luft durch den inneren Zylinder durchsaugen zu können, ist dieser einmal an seinem spitzen Ende durch ein kleines, durch den Mantelraum geführtes Rohr mit der Außenluft verbunden, andererseits führt ein ähnliches Rohr am entgegengesetzten Ende des Apparates durch den Mantelraum hindurch. Durch eine Wasserstrahlpumpe wird Luft durch das Kalorimeter gesaugt und durch eingeschaltete Kölbchen, die mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllt sind, der abgegebene Wasserdampf gemessen. Die Anordnung beim Versuch ist so, daß die Luft aus dem Zimmer zunächst in die Gasuhr tritt, aus ihr durch einen Schlauch in das Kalorimeter, wobei sie mit Hilfe eines in einem eingeschalteten T-Stück steckenden Thermometers gemessen wird und am konischen Ende des Kalorimeters wieder austritt. Hier wird die Temperatur wiederum bestimmt, die Luft durch die Kölbchen mit Schwefelsäure geschickt und endlich die Verbindung zur Wasserstrahlpumpe hergestellt. Daß die Ventilation im Versuch immer gleich bleibt, ist durch die Umdrehungen in der Gasuhr zu kontrollieren. Vor direkter

Bestrahlung schützt man das Kalorimeter durch Pappschirme, die es am besten allseitig umgeben, so daß auch der Einfluß der Erwärmung durch die Versuchsperson vermieden wird.

Das oben erwähnte Ansatzrohr in der Mitte des äußeren Zylinders des Kalorimeters wird durch einen Schlauch, der ein T-Stück mit seitlicher, verschließbarer Abzweigung trägt, mit einem Volumeter verbunden. Dieses Volumeter besteht aus einem runden Gefäß aus Weißblech, das, in der Mitte vom Boden aufsteigend, eine Röhre zur Einleitung der Luft aus dem Mantelraum des Kalorimeters trägt; über die Röhre ist eine zylindrische, aus leichtem Messingblech gefertigte Glocke gestülpt, die in dem, zu $^2/_3$ mit Petroleum gefüllten Gefäß des Volumeters schwimmt. Oberhalb der Glocke ist eine große, in 360° geteilte Scheibe befestigt, in deren Mitte über einem leicht beweglichen Rade die Schnur läuft, die von der Glocke zu einem Gegengewicht gespannt ist. Die Achse des Rädchens trägt außerdem noch einen Zeiger, der vor der Gradeinteilung spielt und dadurch die jedesmalige Hebung oder Senkung der Glocke genau messen läßt. Stellschrauben haben das Volumeter möglichst vertikal zu stellen. Das T-Rohr in dem Verbindungsschlauch zum Kalorimeter dient zum Anblasen oder zum Ansaugen von Luft aus Glocke und Kalorimeter.

Jede auch noch so geringfügige Erwärmung des Kalorimeters ändert den Ausschlag des Volumeters und läßt die Ausdehnung der abgeschlossenen Luft infolge der zugeführten Wärme erkennen. Vor dem Versuch muß der Apparat sorgfältigst gedichtet werden.

Da das Luftkalorimeter nicht allein von der Erwärmung durch das in dasselbe eingeführte, sondern ebenso von jedweder Erwärmung des Zimmers, von der Bestrahlung usw. abhängt, so müssen die Angaben des Volumeters nach den Schwankungen der Temperatur der umgebenden Luftschicht korrigiert werden. Diese Korrektion kann man dadurch vornehmen, indem man nach dem, durch Messen festgestellten Kubikinhalt des Mantelraumes berechnet, um wieviel das Volumen bei einem Grade Temperaturzunahme zunimmt, oder indem man direkt durch Erwärmung des Zimmers den Ausschlag des Volumeters für einen Grad Temperaturzunahme beobachtet. Eine der Hauptaufgaben besteht darin, Änderungen der Temperatur des Zimmers während der Dauer des Versuches möglichst auszuschließen, damit die Korrektionen entweder ganz vermieden oder doch sehr eingeschränkt werden.

Vor jedem Versuche und während desselben muß daher die Lufttemperatur durch zwei in der Nähe des Kalorimeters aufgehängte Thermometer genau gemessen werden und erst, wenn in dieser Beziehung konstante Verhältnisse eingetreten sind, kann der Versuch beginnen, d. h. der Arm in das Kalorimeter gesteckt werden. Es müssen also die abgelesenen Werte an den Thermometern und ebenso natürlich der Stand des Zeigers am Volumeter gleichbleibend sein.

Nicht sofort nach dem Einbringen des Armes in das Kalorimeter zeigt das Volumeter den höchsten oder einen gleichbleibenden Stand, vielmehr erhält das Kalorimeter seinen thermischen Gleichgewichtszustand erst nach längerer Zeit. Die Versuche werden daher in der Regel auf die Dauer einer Stunde gebracht, wobei zu beobachten ist, daß der thermische Gleichgewichtszustand meistens spätestens nach der 40. Minute erreicht ist. Sollte übrigens der Kubikinhalt des Volumeters nicht hinreichen, um alle nach ihm gedrängte Luft zu fassen, so wird durch einen Quetschhahn, der an dem Verbindungsschlauch zum Kalorimeter angebracht ist,

diese Verbindung auf kurze Zeit geschlossen, mit Hilfe des T-Stückes Luft aus dem Volumeter abgelassen und die Glocke dadurch um einen Betrag gesenkt, der an dem Stand des Zeigers genau festzustellen ist, worauf der Quetschhahn zum Kalorimeter wieder geöffnet wird.

Während des Versuches wird der Stand aller Instrumente in Abständen von 10 Minuten abgelesen. Zur Berechnung legt man den Durchschnittswert der drei letzten Beobachtungen am Volumeterstand zugrunde und vergleicht ihn mit dem Anfangswert. Ferner sind die Korrekturen, die sich aus der etwa veränderten Temperatur des Zimmers ergeben, zu berücksichtigen. Will man die Angaben des Volumeters in Kalorien ausdrücken, so muß das Luftkalorimeter vor seiner Anwendung geeicht werden.

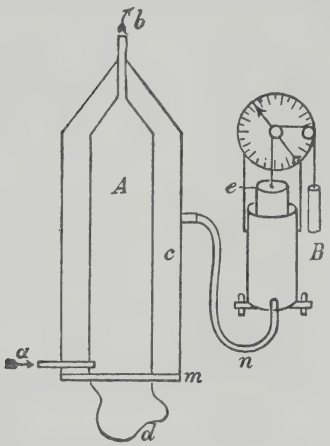


Fig. 18. Luftkalorimeter von Rubner. (Nach Rumpel, Arch. f. Hyg. 1889, Bd. 9.)

Dabei geht man so vor, daß man entweder durch ein Röhrensystem warmes Wasser in den Apparat leitet, die Temperatur des einströmenden und abfließenden Wassers und dessen Menge genauestens bestimmt, oder indem man eine kleine geschwärzte Glühlampe von bekanntem Widerstand und bekannter Ampèremenge als Wärmequelle benutzt. Auf die Veränderung der Temperatur der Ventilationsluft vor und nach dem Durchstreichen durch den Apparat, die mit derselben Geschwindigkeit wie während des eigentlichen Versuches strömt, ist hierbei genauestens zu achten. Mit der im Kalorimeter abgegebenen Wärmemenge wird der Ausschlag des Volumeters in Beziehung gesetzt. Dadurch erfährt man, wieviel Kalorien für die Stunde der Ausschlag des Volumeters um 1° gleichzusetzen ist. In diesem Werte ist die Größe des Wärmeverlustes durch die Ventilation des Kalorimeters mit einbegriffen. Das Luftkalorimeter ist mit steigenden Wärmemengen zu eichen, da der Ausschlag am Volumeter mit steigenden Wärmemengen weniger groß wird.

Wird ein Arm in nacktem Zustande in das Kalorimeter gesteckt, der andere dagegen mit Wollhemd, Leinenhemd, Rock und Handschuh bekleidet, so zeigt sich, daß sich der Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung vermindert

bei der Lufttemperatur von	um Proz.
6,6°	25,0
10,6°	32,7
15,8°	30,4
20,8°	28,3
29,6°	14,1

Bei einer etwas anderen Versuchsordnung ersieht man, welcher Grad des Temperaturschutzes jedem Kleidungsstück zukommt.

	Es sinkt der Wärmeverlust um	Der Temperaturschutz beträgt
Beim Anziehen eines Wollhemdes und eines Handschuhes	10,0%	3,6°
dazu ein zweites Wollhemd	17,4%	6,3°
dazu ein Leinenhemd	19,0%	6,9°
dazu ein Rock	32,5%	11,8°
dazu ein Mantel	38,7%	14,1°

Literaturverzeichnis.

Boubnoff, Über das Permeabilitätsverhältnis der Kleidungsstoffe zum chemisch wirkenden Sonnenstrahl. Arch. f. Hyg. 1890, Bd. 10, S. 335.
Geigel, R., Wärmeregulation und Kleidung. Arch. f. Hyg. 1884, Bd. 2, S. 318.
Grimm, H. und von Bültzingslöwen, C., Über das Wärmeleitungsvermögen der zur Militärkleidung dienenden Stoffe. Arch. f. Hyg. 1896, Bd. 27, S. 105.
Hartmann, J., Über die Durchlässigkeit verschiedener Hautbekleidungsstoffe für die Wärme. Arch. f. Hyg. 1892, Bd. 14, S. 380.
Lewaschew, v., Über das Wärmeleitungsvermögen des Leders. Arch. f. Hyg., Bd. 31.
Nothwang, F., Über den Wärmeverlust des bekleideten Fußes durch den Kontakt mit dem Boden. Arch. f. Hyg. 1892, Bd. 15, S. 314.
Rubner, M., Vergleich des Wärmestrahlungsvermögens trockener Kleidungsstoffe. Arch. f. Hyg. 1893, Bd. 16, S. 105.
Ders., Abhängigkeit des Wärmedurchganges durch trockene Kleidungsstoffe von der Dicke der Schicht. Arch. f. Hyg. 1893, Bd. 16, S. 353.
Ders., Das Strahlungsvermögen der Kleidungsstoffe nach absolutem Maße. Arch. f. Hyg. 1893, Bd. 17, S. 1.
Ders., Thermische Studien über die Bekleidung des Menschen. Arch. f. Hyg. 1895, Bd. 23, S. 13.
Ders., Das Wärmeleitungsvermögen der Grundstoffe unserer Kleidung. Arch. f. Hyg. 1895, Bd. 24, S. 265.
Ders., Das Wärmeleitungsvermögen der Gewebe unserer Kleidung. Arch. f. Hyg., Bd. 24, S. 346.
Rumpel, Dr., Über den Wert der Bekleidung und ihre Rolle bei der Wärmeregulation. Arch. f. Hyg. 1889, Bd. 15, S. 51.
Schmidt, P., Über Sonnenstich und über Schutzmittel gegen Wärmestrahlung. Arch. f. Hyg., Bd. 47, S. 262.
Ders., Experimentelle Beiträge zur Frage der Entstehung des Sonnenstichs. Arch. f. Hyg., Bd. 65, S. 17.
Ders., Über die hygienische Bewertung verschiedenfarbiger Kleidung bei intensiver Sonnenbestrahlung. Arch. f. Hyg., Bd. 69, S. 1.
Schuster, A., Über das Verhalten der trockenen Kleidungsstoffe gegenüber dem Wärmedurchgang. Arch. f. Hyg. 1888, Bd. 8, S. 1.
Spitta, Über das Wärmeleitungsvermögen einiger Bettstoffe. Arch. f. Hyg., Bd. 32.
Stefan, Sitzungsberichte d. Kais. Akademie d. Wissenschaften. Wien. Math.-naturw. Klasse 1872, Bd. 65, II. Abt., Bd. 72.

E. Prüfung des Verhaltens der Kleidung in mechanischer Beziehung.

Die Untersuchung eines Kleidungsstückes in mechanischer Beziehung hat zunächst den Zuschnitt des Kleides ins Auge zu fassen. Vom hygienischen Standpunkt interessiert hier lediglich der Umstand, daß die Kleidung dem Körper überall so anliegen soll, daß sie ihn nirgends beengt oder sogar einen stärkeren Druck ausübt. Inwieweit die Kleidung diesem Ziele nahekommt, wird nicht so sehr durch die Untersuchung der Kleidung wie die des menschlichen Körpers festgestellt werden können. An den Stellen des Körpers, an denen das Kleidungsstück dauernd zu fest anliegt, werden chronische Reize hervorgerufen, die sich in verschiedener Weise äußern. Hierher gehören Verfärbungen der Haut (unter dem Kragen, Kragenknopf, engen Hosenbünden, Korsetts), Neigung der Haut zu Dermatosen (Epitheliom unter dem Druck der Hosenschnalle) Neigung zu Entzündungen und Erfrierungen der Haut und weiter zu Schwielenbildungen (Hühneraugen). Es zeigen sich weiter Stauungserscheinungen, z. B. unter dem Einfluß von Strumpfbändern, Deformationen, was besonders an den Füßen infolge zu engen und falschgeschnittenen Schuhwerks zu beobachten ist, endlich von Schnürfurchen besonders am Thorax infolge Tragens eines Korsetts oder falsch angebrachten Rockbundes.

Um den Druck, den das Korsett ausübt, zu bestimmen, konstruierte Thiersch einen mit einem Dynamometer in Verbindung stehenden Apparat

(Gurt), der um den entblößten Oberkörper gelegt wurde, und zwar einmal in der Taillenlinie, dann über den unteren Teil des Rippenkorbes und endlich etwas oberhalb der Brustwarzen. Der Apparat wurde so fest angezogen, wie es dem Gefühl nach dem Druck eines ziemlich fest anliegenden Korsetts entsprach. Es zeigte sich die interessante Tatsache, daß für die flache Atmung der Druck an allen drei Meßflächen sich nahezu gleichbleibt (Mittel 1,5 kg), dagegen bei der tieferen Atmung sehr erheblich infolge des zunehmenden Widerstandes des Brustkorbes steigt (Mittel 3,1 kg).

Die Veränderungen, die durch zu enges oder falsch geschnittenes Schuhwerk bzw. durch das Korsett am Knochengerüst hervorgebracht werden, sind endlich durch Röntgenaufnahmen festgestellt.

Die Berufskleidung des Menschen erfordert nach Qualität der verwendeten Stoffe und Zuschnitt des Gewandes besondere Sorgfalt und Aufmerksamkeit. Sie vor allem soll dem Arbeitenden Schutz gewähren, und zwar in mehrfacher Hinsicht. Einmal kommt es durch eine leichte, weitgeschnittene Kleidung nicht selten zu Unfällen durch Maschinen. Der Schnitt der Kleidung muß daher dem Ziele einer möglichst großen Zweckmäßigkeit, Vermeidung von herumfliegenden Bändern und ähnlichen Stoffteilen so weit, wie es irgend geht, nahekommen. Selbstverständlich darf gerade die Berufskleidung an keiner Stelle den Körper bei der Arbeit beengen. Eine weitere Aufgabe der Arbeitskleidung besteht darin, den Körper vor anfliegenden Schmutzteilen, vor Staub und Giften und vor Bakterien zu schützen. Glatte, leicht waschbare Stoffe sind daher in erster Linie bei der Anfertigung einer derartigen Kleidung zu berücksichtigen, während rauhe Stoffe sich nicht für diesen Zweck eignen; außerdem müssen die Schutzkittel so geschnitten sein, daß sie den Körper vollständig einhüllen, ihn vollkommen bedecken, so daß die Staubteilchen auch durch den Halsausschnitt und die Ärmel so wenig wie möglich an die Haut gelangen können.

Wie eben bei der Berufskleidung erwähnt wurde, spielt die Glätte bzw. die Rauhigkeit eines Stoffes eine wesentliche Rolle bei der Verwendungsfähigkeit der einzelnen Stoffsorten. Man hat daher versucht, die Glätte eines Kleidungsstückes zahlenmäßig zu bestimmen. Lehmann stellte zu diesem Zweck folgende Versuche an:

1 m lange, 12 cm breite Streifen wurden gleichmäßig straff, horizontal über einer glatten Pappunterlage gespannt. Dann wurde das Gewicht ermittelt, welches nötig war, um einen glattgehobelten Holzklotz aus Buchenholz (Längskante 23 cm, Kanten des quadratischen Querschnittes 7,3 cm, Gewicht 710 g) auf diesen Streifen in der Längsrichtung in Bewegung zu setzen. Die Versuche wurden so ausgeführt, daß von dem Holzklotz eine Schnur horizontal über Rollen geführt wurde, die an ihren Enden eine Wagschale trug, in welche behutsam so lange Gewichte gelegt wurden, bis sich der Klotz in Bewegung setzte und ohne längeres Anhalten die ganze Fläche durchlief.

Die Resultate ergeben sich aus der folgenden Tabelle, in der die Zahlen die Gewichte in Grammen bedeuten, die zur Erzielung von Bewegung nötig waren.

	Buchenklotz 710 g	
	appretiert	appreturfrei
Leinen	160	160
Feiner Hemdenstoff . . .	122	147
Baumwolle	177	201
Kambrik	150	189

Bei den appreturfreien Stoffen ergeben sich folgende Werte, wenn die Leinwandzahlen gleich 100 gesetzt werden.

Für gröbere Stoffe . . . 100:130
Für feine Stoffe 100:129

Die appreturfreie Leinwand ist also erheblich glätter als Baumwolle.

Beim Vergleich der Zahlen für appretierte und appreturfreie Stoffe ergibt sich, daß durch Entfernen der Appretur die Rauhigkeit der baumwollenen Stoffe bedeutend mehr zunimmt als die der leinenen.

In einer weiteren Versuchsreihe wurden die Holzklötze mit dem auf die Glätte zu untersuchenden Stoff überzogen, so daß jetzt Stoff auf Stoff gerieben wurde. Dabei ergab sich, wenn die Leinwandzahlen wieder gleich 100 gesetzt wurden,

für gröbere Gewebe . . . 100:179
für feine Stoffe . . . . . 100:204.

Es tritt also bei dieser Versuchsanordnung die Glätte der Leinwand noch sehr viel stärker hervor, indem die Reibung ungefähr um das dreifache vermehrt ist als beim Reiben von Stoff auf glattem Holz.

Margarete Räntsch, die mit derselben Methode wie Lehmann arbeitete, kam zu dem Resultat, daß die Methode sich als brauchbar für verhältnismäßig feste Stoffe, nicht aber für sehr haarige und komprimierbare erwies, da für diese das Gesetz von der Unabhängigkeit des Reibungswiderstandes von der Größe der berührten Fläche nicht gilt. Es zeigte sich auch, daß für weiche Stoffe das Glättegefühl unserer Finger und die Glättewerte des Apparates nicht übereinstimmen, da diese einmal von dem Grundmaterial, dann aber auch von der Härte oder Weiche der Stoffe abhängig waren. Die weicheren Stoffe zeigen, auch bei gleichem Material, höhere Zugwerte als die harten, während das Gefühl uns anderes lehrt. Samtstoffe z. B., die dem Finger glatt erscheinen, geben weit höhere Glättewerte als Stramin.

Daraus ergibt sich, daß wir unsere Glätteempfindung durch die Werte des Apparates nur dann messen können, wenn die Glätteempfindung von Ursachen abhängig ist, die auf Apparat und Hand gleich wirksam sind.

Um die Abnutzbarkeit der Stoffe festzustellen, gibt Lehmann folgende Untersuchungsmethode an:

Es werden Zementkugeln von 3,5 cm Durchmesser glatt von den Stoffen überzogen, so daß nur an einem Punkte ein kleiner Zwickel absteht. Der Stoff wird mit den Kugeln trocken gewogen, das Gewicht der Kugeln vorher getrennt bestimmt. In die Kugelmühle kamen stets mindestens eine Leinen- und Baumwollprobe auf einmal — natürlich Stoffe von möglichster Ähnlichkeit — in den meisten Versuchen wurden je vier Kugeln mit zwei verschiedenen Leinen- und Baumwollproben überzogen auf einmal verwendet. Die einzelnen Proben werden durch leichte Färbung der Stoffe gekennzeichnet. In der Regel werden einige schon mehr oder weniger abgeschliffene, rohe, nicht überzogene Marmorstücke zu den überzogenen Kugeln gegeben.

Die Berechnung der Gewichtsabnahme des Stoffes geschieht unter genauester Berücksichtigung der anorganischen Massen, die aus den Stoffproben durch Waschen nicht zu entfernen sind (Aschenbestimmung).

(Siehe Tabelle S. 48 oben.)

Ein zweite Methode zur Prüfung der Haltbarkeit benutzte Lehmann, indem er ein Leinen- und Baumwollstück nach vorheriger, sorgfältiger Befreiung von Appretur glatt nebeneinander auf ein Brett spannte, und nun ein Brettchen, das mit feinem Glaspapier Nr. 0 überzogen war, über die Stoffflächen mit Maschinenkraft stundenlang (3 Stunden) hingleiten

Gewichtsverluste in absoluten Zahlen.

Leinen					Baumwolle				
	Dauer des Reibens in Std.	Zahl der mit Stoff überspannten Kugeln		Gewichtsverluste in g		Dauer des Reibens in Std.	Zahl der mit Stoff überspannten Kugeln		Gewichtsverluste in g
Bettuch gebleicht . .	10	4	Mit zugefügten Marmorstücken gerieben	0,051	Bettuch II	10	4	Mit zugefügten Marmorstücken gerieben	0,199
Bettuch gebleicht . .	5	4		0,114	Bettuch II	5	4		0,193
Grober Hemdenstoff .	5	4		0,014	Grober Hemdenstoff I	5	4		0,050
Feiner Hemdenstoff I	5	4		0,111	Feiner Hemdenstoff I.	5	4		0,140
Grober Hemdenstoff .	5	4		0,069	Grober Hemdenstoff .	5	4		0,137
Feiner Hemdenstoff .	5	4		0,154	Feiner Hemdenstoff I.	5	4		0,195
Grober Hemdenstoff .	4	4		0,058	Grober Hemdenstoff I	4	4		0,130
Feiner Hemdenstoff I	2	4		0,025	Feiner Hemdenstoff I.	2	4		0,033

ließ. Die Bewegung hatte Ähnlichkeit mit Bürsten oder Bügeln. Es war natürlich besondere Sorgfalt darauf verwendet, daß der Reibklotz genau gleichmäßig über die beiden in Frage kommenden Gewebsstücke hinglitt. Um Ungleichheiten auszuschließen, wurde der Platz der Gewebsstücke in der Weise geändert, daß während der Hälfte des Versuches die Leinwand links, und die Baumwolle rechts lag und dann umgekehrt.

Die Reibfläche wurde in den verschiedenen Versuchen etwas verschieden gewählt, aber stets nur bis zu mäßiger Abnutzung gerieben. Die Resultate der Reibversuche sind in folgender Tabelle niedergelegt:

Die Prozente der Gewichtsabnahme sind auf die geriebenen Flächen bezogen (g auf 100 qcm).

Dauer der einzelnen Versuche: 3 Stunden.

Leinen		Baumwolle	
Bettuch, ungebleicht . .	0,027	Bettuch II	0,033
Bettuch, gebleicht . . .	0,020	Bettuch III	0,046
Feiner Hemdenstoff I. .	0,026	Feiner Hemdenstoff I. .	0,020

Das Schlußresultat aus allen Versuchen lautet etwa: die Abnutzung von Leinwand und Baumwolle verhält sich wie 100:129, resp. 137, resp. 123, oder im Gesamtmittel wie 100:129 in kürzeren, resp. mit weniger rauhen Flächen angestellten Versuchen, dagegen wie 100:267, resp. 159 oder im Gesamtmittel wie 100:213 in längeren Versuchen oder bei stark rauhen Flächen.

Eine weitere Aufgabe, die die Kleidung in mechanischer Hinsicht zu erfüllen hat, besteht endlich darin, daß sie Stöße, die den Körper treffen, mindern und abschwächen soll. Die Beschaffenheit eines Stoffes gemessen nach der Dicke und der Zusammendrückbarkeit sind für diese Aufgabe der Kleidung von ausschlaggebender Bedeutung.

Die Dicke der Stoffe bestimmte Rubner mit dem von ihm angegebenen Sphärometer.

Das Sphärometer von Rubner besteht aus einem Stativ, an dem ein Horizontalbalken befestigt ist. Am freien Ende dieses Horizontalbalkens befindet sich eine vertikale Hülse, die in ihrem Innern ein Mikrometergewinde enthält. Die dazugehörende Mikrometerschraube trägt an ihrem unteren Ende eine in 100 Teile geteilte Scheibe. Das Mikrometer-

gewinde ist so geschnitten, daß zwei volle Umdrehungen der Scheibe 1 mm Höhendifferenz entsprechen. Dreht man die Scheibe um einen Skalenteil nach rechts, so wird ein kleines Tischchen von 8 mm Durchmesser, das oberhalb des freien Endes der Mikrometerschraube in der oben erwähnten Hülse steckt und durch einen kleinen besonderen Zapfen an einer Drehung gehindert wird, um $^1/_{200}$ mm = 0,005 mm gehoben. An dem Stativ befindet sich weiter oberhalb des oben erwähnten Horizontalbalkens ein Metallbügel, der an seinem Ende eine kleine Platte von 0,5 mm Durchmesser trägt. Der Stift dieses Plättchens ist nach oben gerichtet und muß durch ein feines Schräubchen fixiert werden; er drückt auf einen Hebel, 4 mm von dessen Achse entfernt. Auf dem Hebel befindet sich ein Zeiger, der vor einer kleinen Skala hin- und herspielt. Nun ist das Instrument so eingerichtet, daß bei hochgeschraubter Mikrometerschraube der Tisch das Plättchen gerade berührt und der Zeiger auf der Skala den Punkt 0 anzeigt, während die Scheibe der Mikrometerschraube mit ihrem 0-Punkt an einer senkrechten Millimeterskala vor dem Punkt 0 steht.

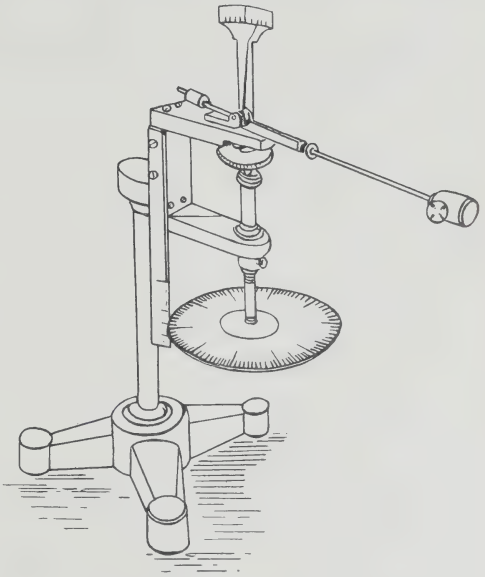


Fig. 19. Sphärometer von Rubner. (Arch. f. Hyg. 1896, Bd. 27.

Der Hebel des Sphärometers hat an dem einen Arm ein Laufgewicht, mit dem der andere Arm ausbalanziert werden kann. Soll der andere Arm schwerer werden, was bei Messungen über die Komprimierbarkeit der Stoffe nötig wird, so kann man ihn durch einen in Zentimeter geteilten Stab verlängern und mit einem 10,8 g schweren Laufgewicht belasten.

Zur Bestimmung der Stoffdicke schlägt man mit Hilfe eines Locheisens auf einer Bleiplatte eine Anzahl kreisrunder Stückchen von 2,5 cm Durchmesser aus dem zu untersuchenden Stoffe heraus und bringt 5—10 von diesen Stückchen aufeinandergelegt auf den Tisch des Sphärometers, nachdem man die Mikrometerschraube genügend weit herumgedreht hat. Nun muß der unbelastete Hebel so liegen, daß er auf der Spitze des Stiftes ausruht, der zu der kleinen Platte gehört. Der Zeiger steht dann rechts von der Nullmarke. Jetzt wird die Mikrometerschraube so lange nach rechts gedreht, bis die oberste Stoffschicht das Plättchen berührt und noch weiter, bis das Plättchen gehoben wird und der Zeiger auf die Nullmarke zu stehen kommt. Die Entfernung der Scheibe der Mikrometerschraube von der Nullmarke der Millimeterskala gibt dann die Dicke der zu untersuchenden Stoffschichten an. Um den Stand der Mikrometerschraube abzulesen, bestimmt man denjenigen Teilstrich der senkrechten Millimeterskala, der unmittelbar über der Scheibe liegt. Dann liest man auf der Kreisteilung der Scheibe jenen Teilstrich ab, der gerade vor der Schneide der Millimeterskala liegt. Je nachdem sich die Scheibe in der oberen oder un-

teren Hälfte des Abstandes zwischen 2 mm Teilstrichen befindet, ist die an der Scheibe abgelesene Zahl selbst, oder diese Zahl + 100 mit 0,005 zu multiplizieren und das Produkt zu der Ablesung an der Millimeterskala zu addieren.

Man kann auch so verfahren, daß man die Scheibe bis zum nächstunteren Teilstrich der Millimeterskala herabdreht und dabei beobachtet, um wie viele Scheibenteilstriche man drehen mußte, um dieses Ziel zu erreichen. Zieht man diese Zahl von 200 ab, so findet man die gesuchte Zahl für die ursprüngliche Scheibenstellung.

Zum Schluß muß die ermittelte Stoffdicke durch die Anzahl der Stoffscheiben dividiert werden, die man zum Versuch gebraucht hat.

War das Instrument zu Beginn des Versuches nicht genau justiert, d. h. stand der Zeiger vor der Marke bei hochgeschraubter Mikrometerschraube, so daß sich Tisch und Plättchen berührten und war bei dieser Einstellung die Scheibe der Mikrometerschraube mit ihrer Nullmarke nicht unmittelbar vor der Nullmarke der Millimeterskala — was vor jedem Versuch genau festzustellen ist — so ist das Resultat der im Versuch beobachteten Stoffdicke für die verwandten Stoffscheiben in der Weise zu korrigieren, daß die eben beschriebene Nulleinstellung vor dem Versuch berücksichtigt wird.

Dasselbe muß geschehen, wenn die Stange mit dem Laufgewicht bei Messungen über die Komprimierbarkeit der Stoffe zum Versuche herangezogen wird, da dann der Nullpunkt am Zeiger unter allen Umständen nicht bei der Nulleinstellung der Scheibe erreicht wird.

Die Belastung des Stoffes kann man variieren außer durch das Laufgewicht noch durch eine verschiedene Größe des oben angegebenen Plättchens.

Beispiel: Man hat sechs Stoffschichten eingelegt. Nach Einstellung des Hebels auf die Nullmarke steht die Mikrometerschraube zwischen dem 10. und 11. mm der Skala und zwar näher dem 10. als dem 11. An der Scheibenteilung wird der Teilstrich 23 abgelesen. Da die Scheibe näher an dem 11. mm steht, als an dem 10., so muß nach der obigen Vorschrift zu dieser Zahl noch 100 hinzuaddiert und demnach 123 mit 0,005 multipliziert werden. Das Produkt 0,615 wird weiter zu 10 addiert, dann erhält man als Gesamtresultat 10,615 mm, falls das Instrument vor dem Versuch auf 0 justiert war. War dies nicht der Fall, stand z. B. der Hebel auf 0, wenn die Scheibe 0,35 anzeigte, so ist 0,35 zu 10,615 zu addieren. Die Gesamthöhe beträgt dann 10,965 mm für die sechs untersuchten Stoffschichten. Folglich ist die Dicke des Stoffes 1,8275 mm.

Die Komprimierbarkeit eines Stoffes kann auch mit folgendem von Rubner angegebenen Apparat gezeigt oder gemessen werden (Fig. 20, S. 51).

Ein Stativ mit Dreifuß trägt einen horizontalen Bügel, der mit einer Rolle endigt. An dem anderen Ende des Bügels ist ebenfalls eine kleine Rolle angebracht, sowie auf derselben Achse ein längerer Zeiger, der vor einem Halbkreis mit einer Skaleneinteilung hin- und herspielt. Unterhalb der Rolle, die an dem freien Ende des Bügels sitzt, befindet sich ein zylindrisches Gefäß, das auf dem einen Fuß des Stativs aufgeschraubt ist und zur Aufnahme der Stoffe dient. Der Mantel dieses Gefäßes kann leicht entfernt werden, die Bodenplatte trägt in der Mitte ein vertikales Stäbchen, auf die die mit einem kreisrund ausgeschlagenen Loche versehenen Stoffstückchen aufgelegt werden. Will man nun einen Druck auf diese Stoffe ausüben, so legt man eine mit einem Mittelloch versehene Messingplatte darauf, die durch ein Rohr mit einer Schale verbunden ist. Auf diese Schale können nun Gewichte aufgelegt werden, die einen Druck

ausüben und dabei die Messingplatte nach unten treiben, so daß das vertikale Stäbchen in das Innere der Röhre zu liegen kommt. Zur Messung des Druckes wird die Schale mittels einer Schnur mit den beiden Rollen verbunden und durch ein Gegengewicht für die nötige Spannung dieser Schnur gesorgt. Je mehr die Schale sinkt, um so mehr entfernt sich der Zeiger von der ursprünglichen Nullage, was man an der Skala des Halbkreises ablesen kann.

Für trockene Stoffe braucht man den Mantel des zylindrischen Gefäßes nicht, dieser ist vielmehr nur bei Versuchen mit nassen Stoffen nötig.

Will man die Komprimierbarkeit von Stoffen in absoluten Zahlen messen, so muß das Instrument geeicht werden. Man muß dann bestimmen, wie groß der Ausschlag des Zeigers vor der Skala ist, wenn die Schale um 1 mm sinkt.

Alle Stoffe sind komprimierbar, d. h. ihre Lufträume ändern sich, indem die Fasern dichter aneinanderrücken, wenn ein Druck auf die Stoffe ausgeübt wird. Von der Komprimierbarkeit der Gewebe hängt die Funktion der Kleidung ab, Druck und Stoß, die die Haut treffen, zu mindern, was besonders für den Fuß und die Sohle von Wichtigkeit ist, die die ganze Körperlast tragen müssen. Der Grad der Komprimierbarkeit ist aus folgender Tabelle ersichtlich, in der 0 unbelastet, I einen Druck von 416 g pro 1 qcm, II einen Druck von 565 g pro 1 qcm bedeutet.

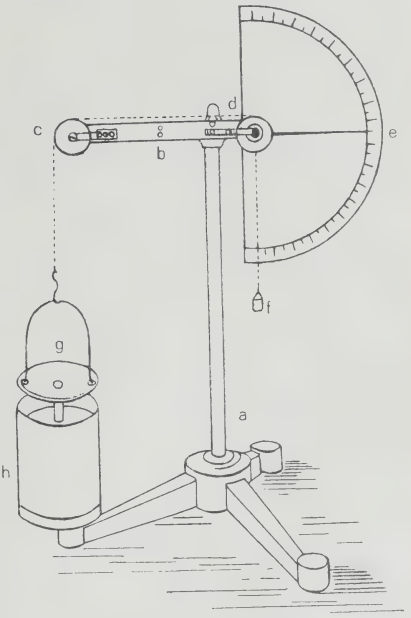


Fig. 20. Apparat zur Demonstration der Komprimierbarkeit der menschlichen Bekleidungsstoffe von M. Rubner. (Arch. f. Hyg. 1896, Bd. 27, S. 50.)

Stoffe	Spez. Gew.	Dicke einer Lage mm	Relative Zahl Stoffe trocken			Relative Zahl Stoffe feucht auf trocken = 100 bezogen		
			0	I.	II.	0	I.	II.
Glattgew. Wollstoff	0,370	0,351	100	60	56	127	67	62
Wolltrikot	0,160	1,254	100	44	41	89	40	38
Wollkrepp	0,120	1,560	100	31	24	95	31	27
Wollflanell	1,105	1,465	100	37	31	70	27	26
Baumwolle glattgew.	0,347	0,150	100	74	71	108	74	68
Baumwolltrikot	0,118	0,950	100	35	41	91	39	37
Baumwollkrepp	0,110	1,445	100	35	33	92	30	28

Wie die Tabelle zeigt, ist die Komprimierbarkeit eine Funktion der Webweise; alle Stoffe mit geringem spezifischen Gewicht sind leichter komprimierbar als die anderen.

Werden die Stoffe naß gemacht, so nehmen glattgewebte Wolle und Baumwolle an Dicke erheblich zu, bei Leinen findet man sogar eine

Zunahme von 35%. Lockere Stoffe dagegen nehmen in feuchtem Zustand an Dicke etwas ab, die Wollflanelle sogar um 30%. Bei starker Belastung sind alle luftreichen Stoffe im feuchten Zustande mehr komprimierbar als im trockenen.

Literaturverzeichnis.

Lehmann, K. B., Vergleichende Untersuchungen über die chemischen und technischen Eigenschaften glatter weißer Leinwand- und Baumwollgewebe. Arch. f. Hyg. 1907, Bd. 60, S. 191.
Räntsch, Marg., Untersuchungen über die Glätte von Kleiderstoffen. Inaug.-Dissert. Würzburg 1907.
Rubner, M., Sphärometer mit variierbarer Belastung. Arch. f. Hyg. 1896, Bd. 27, S. 44.
Ders., Die Komprimierbarkeit der Kleidungsstoffe im trockenen Zustand und bei Gegenwart von Feuchtigkeit. Arch. f. Hyg. 1896, Bd. 27, S. 51.
Ders., Apparat zur Demonstration der Komprimierbarkeit der menschlichen Bekleidungsstoffe. Arch. f. Hyg. 1896, Bd. 27, S. 49.
Thiersch, Über Korsett und Reformkleidung. Münch. med. Wochenschr. 1900.

F. Prüfung des Verhaltens der Kleidung in chemischer Beziehung.

Wenn man das Verhalten der Kleidungsstoffe in chemischer Beziehung prüfen will, so ist es möglich, einmal Aufschluß darüber zu erhalten, aus welchen Stoffelementen die Kleidung zusammengesetzt ist. Dann aber kann man auch mit chemischen Methoden prüfen, ob sich in den Stoffen Appretur, giftige Farben und Beizen finden.

Auf die Untersuchung der Kleidung in bezug auf die Zusammensetzung aus den einzelnen Stoffelementen braucht an dieser Stelle nicht weiter eingegangen zu werden, da der entsprechende Abschnitt sich bereits in Teil I dieses Artikels befindet, der über die Prüfung des Aufbaues der Gewebe handelt.

Die Appretur wird den Stoffen hauptsächlich aus dem Grunde zugesetzt, um ihnen ein schöneres Aussehen zu verleihen. Als Appreturen werden folgende Mittel gebraucht: Paraffin, Wachs, Fett, Seife, Glyzerin, Gelatine, Stärke, Dextrin, Glukose, Disulfate und Chloride des Zinks und Magnesiums, Gips, Alaun, Chinaclay, Schwerspat u. a.

Lehmann gibt folgende Methoden für die Untersuchung eines Stoffes auf Appretur an:

1. Die Stoffproben werden mit Wasser ausgekocht, bis eine nennenswerte Gewichtsabnahme nicht mehr stattfindet und das Wasser ganz klar bleibt. Es sind dazu z. B. bei den stärker appretierten Stoffen Kochdauern von 23 Stunden und 22maliger Wasserwechsel notwendig, obwohl die Stoffstückchen nur 25—30 qcm groß sind und jedesmal 200 ccm Wasser verwendet werden. Die drei ersten Auskochungen, welche durch ihre Trübheit von den späteren erheblich abstechen, werden auf 100 ccm eingeengt, mit 15 ccm 30%iger Salzsäure versetzt, 1 Stunde lang gekocht, und dann durch Kochen mit Fehlingscher Lösung auf Traubenzucker untersucht.

2. Es werden quantitative Aschenbestimmungen von den einzelnen Proben angefertigt und die Asche qualitativ nach den Methoden der anorganischen Analyse auf Kieselsäure, Schwermetalle, Tonerde, Kalk, und Magnesia untersucht.

Als Appretur findet sich in erster Linie Stärke. Durch die Jodreaktion war bei den Versuchen von Lehmann in allen Proben im Waschwasser

nach der dritten einstündigen Auskochung mit destilliertem Wasser noch Stärke nachweisbar. Nach 16stündiger Auskochung mit 16mal gewechseltem Wasser fehlte die Jodreaktion. In dem mineralischen Beschwerungsmittel ergab die qualitative Analyse Kieselsäure und Magnesia in reichlicher Menge, Aluminium in bescheidener, Kalk in sehr kleiner Menge. Da die reine Asche von Leinwand nicht über 0,3% beträgt, und bei der Baumwolle nicht höher ist als 0,1%, so dürfte ein Aschegehalt von über 0,3—0,5% als ein Zeichen einer Beschwerung der Stoffe mit Mineralstoffen aufgefaßt werden.

Ein einmaliges kunstgerechtes Waschen nach Hausfrauenart genügt nur etwa zur Entfernung der Hälfte der Appreturstoffe; erst nach der dritten Wäsche ist die Appretur annähernd vollständig entfernt. Erst jetzt sind die Stoffe in einem Zustand, der ihrer wirklichen dauernden Beschaffenheit entspricht.

Insbesondere bei der Baumwolle finden kolossale Appreturmengen (bis 13%) Verwendung, um dem Produkt Glätte, Glanz und den Anschein eines dichten und kräftigen Stoffes zu geben. Auch in der Leinwand sind nicht unerhebliche Appreturmengen konstatiert worden (2,8—3%).

Der Gebrauch giftiger Farben und Beizen bei der Herstellung von Stoffen ist heute außerordentlich selten. In Frage kommen Arsen und Antimon, dies letzte wurde besonders zum Beizen benutzt. Die Benutzung derartiger Farben und Beizen ist deswegen zu beanstanden, weil durch sie Entzündungen, Ekzeme, pustulöse Affektionen der Haut und Lymphangitis oder Lymphadenitis zustande kommen, was z. B. nach dem Tragen von gefärbten Strümpfen beobachtet worden ist.

Lehmann führt den Nachweis des Antimons in folgender Weise:

Ein lufttrocken gewogenes Stück Stoff von 25—100 qcm und 0,7 bis 4,4 g Gewicht wird mit 200 ccm Wasser in einer Porzellanschale gekocht, die Flüssigkeit, welche meist kräftig gefärbt ist, durch ein Faltenfilter noch warm filtriert und Filter und Tuchstück einige Male mit heißem Wasser ausgewaschen. Das gesammelte Filtrat wird erwärmt, mit Salzsäure angesäuert und längere Zeit Schwefelwasserstoff eingeleitet. Der Niederschlag wird nach einigen Stunden abfiltriert und mit Schwefelwasserstoffwasser ausgewaschen, das Filtrat auf $^1/_3$ eingeengt und nochmals Schwefelwasserstoff eingeleitet, und ein eventuell entstandener Niederschlag auf einem besonderen Filter gesammelt. Ist ein Niederschlag von gelber, gelblicher oder roter Farbe entstanden, wird mit gelbem Schwefelammonium ½ Stunde im Wasserbad erwärmt, das Schwefelammonium abfiltriert und mit warmem Wasser ausgewaschen. Der Auszug wird nun zur Trockene verdampft und mit der ca. 7fachen Menge eines Gemisches von Natriumkarbonat (1 Teil) und Natriumnitrat (2 Teile) im bedeckten Porzellantiegel geschmolzen und die Schmelze im warmen Wasser gelöst. In Lösung geht dabei etwa vorhandenes Arsen und ein Teil des Zinnes, es bleibt Antimon als pyroantimonsaures Natron und ein Teil des Zinnes (als Zinnoxyd) zurück. Der Filterrückstand wird nochmals mit Soda und Salpeter geschmolzen, um die letzten Zinnspuren vom Antimon zu trennen, und das so gereinigte pyroantimonsaure Natron nach Veraschung des Filters mit Zyankalium geschmolzen. Das erhaltene metallische Antimon wird in heißer Salzsäure unter Zusatz von etwas $KClO_3$ gelöst, das Chlor verjagt, mit Ammoniak neutralisiert, schwach mit Salzsäure angesäuert und auf 25 ccm aufgefüllt. Durch Einleiten von Schwefelwasserstoff wird nun das Antimon als orangefarbiger feiner Niederschlag erhalten, der sich bei

kleinen Mengen nur langsam absetzt und kolorimetrisch genügend genau bestimmt werden kann. Als Vergleichslösung dient eine Brechweinsteinlösung von einem Gehalt von 1 mg Antimon in 1 ccm. Von dieser Lösung kommen 0,1—0,3—0,5—1,0 ccm zu 25 ccm Wasser, dann wird Schwefelwasserstoff eingeleitet und der Niederschlag mit dem in den Analysen erhaltenen verglichen.

Mit dieser Methode prüfte Lehmann 41 Stoffproben und fand niemals nennenswerte Antimonmengen, während ein Stück Baumwollstoff zur Kontrolle in 1‰ige Brechweinsteinlösung eingetaucht und ausgedrückt, eine sehr deutliche Reaktion ergab.

Sollen Zeugstoffe auf den Gehalt an Arsen untersucht werden, so stehen zwei Methoden zur Verfügung, einmal der chemische Nachweis des Arsens in dem bekannten Marchschen Apparat und dann der biologische Arsennachweis nach Gosio mit Hilfe des Penizillium brevicaule. Almquist führte den Arsennachweis in der zuletzt erwähnten Weise aus, indem er die stärkehaltigen, appretierten Zeugstoffe feucht mit dem Schimmelpilz versetzte. Auch wollene Zeuge (Rock, Hosen, Strümpfe) wurden auf diese Weise untersucht. War Arsen vorhanden, so konnte man in den Proben, die bei Zimmertemperatur aufbewahrt wurden, nach einigen Tagen, bisweilen jedoch erst nach ein paar Wochen den bekannten knoblauchartigen Geruch arseniger Säure wahrnehmen.

In den letzten Jahren wurde eine Reihe von Ekzemen beobachtet, die den Kopf bandartig umgaben und da entstanden, wo das Schweißleder der Hüte die Haut berührte. Es stellte sich bei der Untersuchung heraus, daß ein Schweißlederersatz zur Verwendung gekommen war und schon bei der Temperatur von 37° nahm Wasser aus diesem Ersatzmittel Phenole, Kresole, Leimstoffe und Farbstoffe auf. Das Phenol kann als die Hauptursache der entstandenen Ekzeme angesehen werden.

Auch Haar- und Pelzfärbemittel können Ekzeme und andere Hauterkrankungen verursachen. In diesen Mitteln, zu deren Herstellung früher hauptsächlich anorganische Präparate Verwendung fanden (Blei, Silber-, Wismut-, Kupfer-, Eisensalze), befindet sich bisweilen Paraphenylendiamin. Dieses wird durch den Luftsauerstoff allmählich oxydiert, bei Behandlung mit Wasserstoffsuperoxyd jedoch sehr schnell und dabei bildet sich ein dunkler Farbstoff, die sogenannte Bandrowski-Base. Als Zwischenprodukt bei dieser Oxydation entsteht das Chinondichlordiamin, das sehr starke Reizwirkung auf die Haut ausübt. Das Paraphenylendiamin selbst, das allgemein toxische Wirkungen hat, kommt also als Reizstoff für die Haut nicht so sehr in Betracht. Hauterkrankungen nach Haarfärbemitteln eben genannter Art, wie z. B. Juvenol, Koorpa, Primol, oder nach ähnlichen Pelzfärbemitteln, z. B. Ursol, sind des öfteren beobachtet worden, besonders dann, wenn der Farbstoff schlecht ausgewaschen war. Hiervon kann man sich auf eine ganz einfache Art und Weise überzeugen, wenn man nämlich untersucht, ob der schwarze Farbstoff der Haare sich auf ein Stück Papier abdrücken läßt.

Chemische Stoffe, wie z. B. Teeröl, Sublimat, Fluorkieselsäure, sind im Kriege den Kleidungsstoffen gelegentlich zugesetzt worden, um Bakterien, die auf der Kleidung abgelagert und bei Verwundungen unter die Haut verschleppt werden, abzutöten. Derartig vorbehandelte Kleidungsstücke, beimpft mit Bazillus ödem., vibrion septique oder Bazillus perfringens wurden Kaninchen in Muskelwunden beigebracht. Dabei fand man keine

Hautschädigungen, dagegen eine Verzögerung bzw. sogar Verhinderung von Gasgangrän oder Tetanus.

Literaturverzeichnis.

Almquist, Arsenhaltige Tapeten und Kleider nebst der Schimmelflora unserer Wohnungen. Hälsovards-föreningens i Stockholm förhandlinger. Stockholm 1901.
Blaschko, Hauterkrankungen durch Haar- und Pelzfärbemittel. Deutsche med. Wochenschr. 1913.
Lehmann und Göbel, Über das Vorkommen löslicher Antimonverbindungen in Kleiderstoffen. Arch. f. Hyg., Bd. 43, S. 116.
Nagy, Gesundheitsschäden der Antimonverbindungen in Kleidungsstücken. Der Amtsarzt, Bd. 10, S. 30.
Scheuer, Kleidung, Mode und Hautkrankheiten. D. Vierteljahr f. öffentl. Gesundheit 1911, Bd. 43, S. 709.
Gesundheitsschädliches Hutschweißleder. Veröffentl. d. Reichs-Ges.-Amts 1920, Nr. 38.

G. Prüfung der Zersetzungsvorgänge in der Kleidung und der Aufnahmefähigkeit für Gase, Gerüche und Bakterien.

Zersetzungsvorgänge in der Kleidung kommen dadurch zustande, daß die von außen und innen stammenden, auf den Kleidern sich ablagernden Verschmutzungen im Laufe der Zeit der Zersetzung unterliegen. Festgestellt und gemessen werden diese Zersetzungsvorgänge durch die Untersuchung der Kleider auf Kochsalz, Ammoniak oder Kohlensäure.

Cramer wusch chlorfreie Unterwäsche (Hemd und Hose) aus Baumwolle, nachdem sie längere Zeit getragen waren, aus, dampfte das Waschwasser ein und untersuchte das Wasser auf Kochsalz. Das Waschen nahm er so vor, daß der Stoff in emaillierten Gefäßen 10—15 Minuten gekocht und darauf in der Fleischpresse ausgepreßt wurde. Dies wurde mehrere Male wiederholt. Er fand, daß Baumwolle und Leinwand das Kochsalz des Schweißes viel besser zurückhalten als Wolle, die dasselbe nach außen wandern läßt. Unter sonst gleichen Bedingungen (ein Fuß trägt einen wollenen, der andere einen baumwollenen Strumpf) enthält Baumwolle mehr an Chlornatrium als Jägerwolle (31,2%), als gewirkte Wolle (31,8%), als gestrickte Wolle (27,7%), als Seide (10,2%), als Leinen (0%).

Yokote und Chelius bestimmten das Ammoniak, Yokote außerdem noch das Kochsalz und die Kohlensäure. Auch hier wurde das Stoffstück sehr sorgfältig ausgewaschen und der wässerige Auszug auf Kochsalz und Ammoniak untersucht. Dabei fand Yokote in einem sehr schmutzigen Baumwolltrikothemd pro 1 g Stoff

	mg NaCl	mg NH_3
von der Achselhöhle . . .	74,3	2,6
vom Rücken	45,7	2,5

Sodann brachte Yokote die ganze rechte Hälfte des Hemdes in eine ca. 4 l fassende Flasche, die er mit einem doppeltdurchbohrten Gummistöpsel verschloß, und steckte durch die Öffnungen zwei Glasröhren, von denen eine bis auf den Boden der Flasche reichte. Dann wurde Luft durch die Flasche gesaugt, indem die eintretende Luft nacheinander kleine Gefäße mit konzentrierter Schwefelsäure, Neßlers Reagens, Natronlauge und Barytwasser passierte, während die abströmende Luft durch Neßlers Reagens und Barytwasser geschickt wurde. Das ausgeschiedene Ammoniak wurde kolorimetrisch, die Kohlensäure titrimetrisch bestimmt. Zuerst wurde

der Stoff trocken bei 17° und 33°, dann in feuchtem Zustand (100 g destilliertes Wasser auf 166 g Hemd) bei 17, 35, 41, 50 und 65° untersucht. Dabei zeigte sich, wie die beigegebene Tabelle lehrt, daß in trockenem Zustande des Stoffes die Ammoniakgabe minimal, die Kohlensäureabgabe sehr klein war, dagegen in feuchtem Zustande beides stark anstieg, und zwar um so mehr, je höher die Temperatur war.

Menge des Ammoniaks und der Kohlensäure, die von 166 g Hemd pro Stunde produziert werden:

Temperatur Grad C	Feuchtigkeit	NH_3 mg	CO_2 mg
17	mäßig trocken	—	0,04
33	„	Spur	0,94
17	naß	0,03	20,74
35	„	2,50	36,00
41	„	7,50	35,86
50	„	11,33	43,81
65	„	40,00	151,00

Untersuchungen über die Aufnahme von Gasen durch die Kleider wurden von verschiedenen Seiten angestellt. Kißkalt verfuhr dabei so, daß er eine bestimmte Menge der Stoffe in einem mit dem betreffenden Gase gesättigten Raume der Einwirkung desselben aussetzte. Dabei wurden die Stoffe möglichst ausgebreitet aufgehängt oder auf einen Dreifuß gelegt, so daß sie dem Gase von allen Seiten zugänglich waren. Von den Trikotstoffen wurden stets 100 qcm große Stücke genommen; dieselben wogen 2—3 g. Dann wurden die Stoffe aus der Gasatmosphäre wieder herausgenommen und in Wasser getan, daß mit $\frac{n}{10}$ Schwefelsäure und Rosolsäure als Indikator titriert wurde. Wurde die Aufnahme von Salzsäure untersucht, so geschah die Titrierung so, daß das mit Salzsäure imprägnierte Gewebstück in überschüssige titrierte $\frac{n}{10}$ Natronlauge geworfen wurde und unter Verwendung von Phenolphthalein zurücktitriert wurde. Bei den Versuchen mit Schwefelwasserstoff kamen die Stoffe, nachdem sie aus der mit diesem Gase gesättigten Atmosphäre entfernt wurden, in ausgekochtes sauerstofffreies Wasser. Der Schwefelwasserstoff wurde darauf im Kohlensäurestrom durch einen Kühler in eine Jodvorlage abdestilliert, und nun erst die Menge des durch Schwefelwasserstoff gebundenen Jods bestimmt.

Kißkalt erhielt bei seinen Versuchen mit Ammoniak folgende Mengen für 100 qcm Oberfläche:

leichter Wolltrikot . . . . . 35,98 mg
schwerer Wolltrikot . . . . . 71,49 mg
Baumwolltrikot . . . . . 19,64 mg

Die maximale Menge war bereits nach einer Stunde absorbiert, längere Beobachtungen brachten keine Steigerung.

Der Einfluß der Temperatur bei der Absorption war sehr groß, indem leichte Trikotwolle nach 1 Stunde bei 37° durchschnittlich 22,46 mg, bei 16° 35,98 mg, bei 4—5° 50,38 mg absorbierte.

Ein vollständig getrocknetes Stück schweren Wolltrikots vermochte nur zwei Drittel soviel aufzunehmen wie ein Stück bei einem normalen mittleren Gehalte an hygroskopischer Feuchtigkeit.

Bei einer künstlichen Benetzung der Stoffe zeigte:

schwere Trikotwolle . . . . 102,59 mg NH_3
leichte Trikotwolle . . . . . 53,98 mg NH_3

Die Zunahme der Absorption war also sehr bedeutend.

Bei der minimalen Wasserkapazität nahmen Stücke leichter Trikotwolle (Gewicht trocken 2 g) nach einer Stunde 286,69 mg NH_3 auf; nach längerer Zeit fand keine Zunahme statt. Die Aufnahme war gegenüber dem Stoff im Gebrauchszustand (35,53 mg) ungeheuer groß.

Bei den Versuchen mit Salzsäure fand man für 2 g schwere Stücke folgende Resultate:

	leichter Wolltrikot	Baumwolltrikot
nach 1 Stunde	27,38 mg	16,07 mg
„ 6 Stunden	29,34 „	23,40 „
„ 24 „	154,06 „	110,80 „
„ 48 „	264,96 „	121,68 „

Wie beim NH_3 absorbiert Wolle bedeutend mehr als Baumwolle. Ferner ist die Absorption der Salzsäure in viel höherem Grade von der Dauer der Einwirkung abhängig als bei der NH_3, indem die absorbierte Menge mit der Beobachtungsdauer ständig anstieg.

Die Versuche mit NH_3 ergaben folgendes Resultat:

	leichter Wolltrikot	Baumwolltrikot
nach 1 Stunde.	10,03 mg	5,44 mg
„ 6 Stunden	10,54 „	5,47 „
„ 24 „	10,20 „	6,12 „
„ 48 „	13,20 „	—

Auch hier absorbiert Wolle bedeutend mehr als Baumwolle. Nach 1 Stunde ist bereits das Maximum der Absorption erfolgt.

Yokote brachte in ein kleines Becherglas etwa 10 ccm Ammoniakflüssigkeit unter eine Glasglocke von ca. 3 l, welche auf eine Glasplatte aufgeschliffen war. 30 Minuten später wurde das zu untersuchende Stoffstückchen von 100 qcm Oberfläche an zwei Fäden auf ein kleines Glasgestell und unter die Glocke gebracht, ohne das Ammoniakgefäß zu entfernen. Nach bestimmter Zeit, ½—24 Stunden, wurde die Probe herausgenommen und sofort in ein gemessenes Volumen $\frac{n}{10}$ Schwefelsäure gebracht; nach ½—1 Stunde wurde die Schwefelsäure abgegossen und das Tuchstückchen bis zum Verschwinden der sauren Reaktion mit neutralem Wasser gewaschen. $^1/_5$ der vereinigten sauren Flüssigkeiten wurde mit $\frac{n}{10}$ Natronlauge titriert. Die Säureabnahme minus der Säuremenge, welche die betreffende Stoffprobe allein zum Verschwinden bringt, gab, mit 1,7 multipliziert die Ammoniakmenge in mg, welche der Stoff gebunden hatte. Durch einen besonderen Versuch wurde nachgewiesen, daß eine kleine Ammoniakzugabe zu der Schwefelsäure die Schwefelsäurebindung eines Wollstückchens, das nicht in der Ammoniakatmosphäre geweilt hatte, nicht beeinflußt.

Yokote fand mit dieser Methodik bei gewaschenem und nicht gewaschenem Stoff folgende Mengen absorbierten Ammoniaks:

Name des Stoffes	NH_3-Menge, die von 1 g Stoff absorbiert wird mg	NH_3-Menge, die von (nicht gewaschenem) 1 g Stoff absorbiert wird mg
Köper, weiß	9,64	8,29
Schirting, weiß	7,72	8,29
Baumwolltuch, weiß	8,18	8,93
Baumwollflanell, weiß	7,46	8,72
Baumwolltrikot , weiß . . .	8,78	10,51
Cheviot, weiß	21,43	18,31
Kaschmir, weiß	22,99	20,64
Wollflanell III (tiefblau) . .	27,11	17,58
Wollflanell II (grau)	22,25	15,03
Wolltrikot	21,27	13,96
Wollflanell, weiß	22,30	20,36

Der gewaschene Wollstoff zeigt fast durchweg eine ziemlich gleichmäßige vermehrte Ammoniakabsorption, während bei Baumwolle die Resultate unregelmäßiger waren.

Hängt man die trockenen Kleidungsstoffe nach der Ammoniakabsorption auf, so verliert, wie nachstehende Zusammenstellung zeigt, Wollflanell selbst im Brutschrank in 24 Stunden nur rund $^6/_7$ seines Ammoniakgehaltes und bewahrt selbst 72 Stunden lang die Menge, die nach 24 Stunden noch vorhanden war. Bei Zimmertemperatur ist der Ammoniakgehalt nach 24 Stunden etwa $^1/_5$ des Anfangsgehaltes. Beim Baumwollflanell ist dagegen nach 24 Stunden sowohl im Brutschrank wie bei Zimmertemperatur der Ammoniakgehalt bis auf Spuren verschwunden.

Nach dem Verlassen der Ammoniakglocke fanden sich

	Wollflanell mg NH_3 f. 1 g Stoff		Baumwollflanell mg NH_3 f. 1 g Stoff	
	16–17°	37°	16–17°	37°
sofort	22,53	19,11	9,09	10,93
nach 24 Stunden	5,8	3,02	Spur	Spur
„ 48 „	4,86	3,87	„	„
„ 72 „	3,96	3,28	„	„

Über die Absorption von anderen riechenden Stoffen durch die Kleidung, die allerdings nicht quantitativ gemessen wurde, gibt Yokote folgende Übersichtstabelle:

	Es bleibt der Geruch länger	
	im Wollstoff	im Baumwollstoff
Thymol	etwas länger	—
Tabakrauch	oft etwas länger	—
Kreosot	—	länger
Kampfer	etwas länger	—
Bergamottöl . . .	etwas länger	—
Jodoform	gleich	gleich
Buttersäure	gleich	gleich

Nach dem Gesagten verhalten sich die Riechstoffe etwas verschieden zu den Geweben; so wird Thymol etwas stärker vom Baumwollflanell als von Wollflanell aufgenommen, auch andere Riechstoffe scheint die

Baumwolle im Momente des Herausnehmens und einige Zeit nachher reichlich zu enthalten. Mit der Zeit verliert die Baumwolle meist die Gerüche früher, nur Kreosot scheint eine Ausnahme zu machen.

Lehmann untersuchte die Aufnahme von Ammoniak durch Kleidungsstoffe in folgender Weise:

Stoffstücke von bekanntem Trockengewicht wurden eine gewisse Zeit in einen Gasstrom von reinem Ammoniak, der durch Erhitzen von Ammoniakwasser hergestellt wurde, gehalten. Bei einer Temperatur von etwa 40—50°, später von 70—80°, entweicht aus 200 ccm Ammoniakflüssigkeit ein sehr starker und gleichmäßiger Ammoniakstrom für die Dauer von 2—3 Stunden, so daß ein gleichmäßiges Durchleiten eines solchen Stromes durch ein Röhrensystem, das die gewogenen Stoffproben enthält, gar keine Schwierigkeiten macht. Von dem Moment an, in dem das Gas nur noch Spuren von Luft enthielt, was durch Auffangen des den Apparat passierenden Ammoniaks in verdünnter Schwefelsäure festgestellt wurde, leitete man noch 2 Stunden lang Gas durch den Apparat. Die mit Ammoniak beladenen Stücke wurden in 200 ccm verdünnte titrierte Schwefelsäure gebracht und nach 10 Stunden zwei aliquote Proben der Schwefelsäure wiederum titriert. Bei der Berechnung wurde berücksichtigt, daß Leinwand und Baumwolle keine Schwefelsäure binden, daß aber 1 g Wolle 7,2—8,6 ccm $\frac{n}{10}$ Schwefelsäure zu sättigen imstande war. Die Stoffe waren durch sehr langes Kochen von Appretur ganz befreit. Jede Stoffprobe wurde einzeln in ein kleines Röhrchen eingeschlossen und ihr Ammoniakgehalt bestimmt samt dem Ammoniakgehalt des Röhrchens. Rechnerisch — und durch einige Kontrollversuche titrimetrisch — mußte dann der Ammoniakgehalt des nicht vom Stoff erfüllten Röhrchenanteils ermittelt und von dem Gesamtresultat abgezogen werden. Verwendet wurden Glasröhrchen, wie sie etwa zur Kupferoxydulfiltration verwendet werden, von einem Inhalt von 20 ccm. Dieselben waren am einen Ende ausgezogen, am anderen durch einen mit Glasrohr durchbohrten Kautschukstöpsel verschlossen. Die Ammoniakaufnahme eines Kautschukstöpsels wurde ebenfalls bestimmt und in Rechnung gezogen. Am Ende des Versuches wurde das Röhrchen durch zwei Schraubenklemmen abgesperrt und nach rascher Wegnahme des unteren Verschlusses in eine abgemessene Menge verdünnter Schwefelsäure gesteckt. Mit einem Ruck drang die Flüssigkeit in den Raum ein, man ließ dieselbe ablaufen, saugte noch einige Male frische Schwefelsäure nach und legte schließlich das Stoffstückchen in die Schwefelsäure. Nach einigen Stunden wurde titriert, die Kontrollversuche stimmten mit größter Genauigkeit. Die zum Versuch benutzten Stoffproben besaßen einen genau bekannten Wassergehalt und wurden 2 Stunden lang durch Überleiten von feuchtem, wassergesättigtem, luftfreiem Ammoniak mit diesem Gase gesättigt. Die Ammoniaküberleitung geschieht am besten so, daß man die Röhrchen mit den Stoffproben erst unter eine Ammoniakglocke bringt und dann etwa eine Stunde später Ammoniak durchleitet, indem man das Röhrchen mit feuchtem Fließpapier kühlt, um ein Erhitzen und somit Wasserdampfverlieren zu vermeiden.

Die Ammoniakaufnahme wurde durch Titrierung unter den oben gegebenen Vorsichtsmaßregeln ermittelt und durch Wägung kontrolliert, wobei die Verdrängung von Luft durch Ammoniak im Rohr berücksichtigt wurde. In die folgende Tabelle wurde zum Vergleich mit der pro Gramm Stoff beobachteten Ammoniakzahl die Menge eingesetzt, welche der trok-

kene Stoff und das von ihm gebundene hygroskopische Wasser einzeln binden müßten, wenn sie beide sich in ihrem Bindungsvermögen nicht beeinflußten.

Absorbierte Menge NH_3 pro 1 g Stoff

	trocken		mit vollem	mit geringem
	17—20°	6—7°	Wassergehalt	
Leinen, gebleicht	45,1 mg	64,0 mg	227—239 mg	—
Leinen, ungebleicht . . .	51,4 „	—	—	126,7—127,0 mg
Baumwolle, gebleicht . .	44,7 „	57,8 „	194,9—203,4 „	105,0—106,2 „
Jägerstoff, gewaschen . .	55,6 „	78,7 „	255,6—284,4 „	151,8 „
Jägerstoff, ungewaschen .	58,6 „	—	261,3—281,7 „	157 —164 „

Alle trockenen Stoffe absorbieren bei 7° etwa 130—140% der bei 20° gefundenen Mengen. Die Absorption der Wolle verhält sich zu der der Baumwolle etwa wie 100 : 127 bei 20°, wie 100 : 136 bei 7°. Die vollkommen nassen Stoffe absorbieren ungefähr das 4fache der trockenen, das absorbierte Ammoniakgas entspricht der Summe aus der Menge, die der trockene Stoff bindet, und derjenigen, die das hygroskopische Wasser binden kann.

Glatte und rauhe Stoffe verhalten sich verschieden gegen anfliegenden Schmutz, indem anzunehmen ist, daß die Schmutzpartikel auf rauhen Stoffen leichter haften als auf glatten. Lehmann prüfte dies Verhalten, indem er Farbstoffe (Safranin, Ultramarin), Ruß oder Straßenstaub auf Stoffproben, die auf Brettchen fixiert waren, aufstreute und dann

1. abklopfte,
2. mit einem weichen Pinsel einrieb und erst dann so stark wie möglich abklopfte.

Die quantitative Bestimmung des Farbstoffgehaltes lieferte folgende Zahlen:

1. Der Farbstoff aufgestreut und abgeklopft.

Leinen	mg Safranin blieben haften	Baumwolle	mg Safranin blieben haften	Leinen enthielt $^1/_x$ der an der Baumwolle anhaftenden Menge Farbstoff
	0,4		1,8	
Bettuch, gebleicht	0,6	Bettuch II	2,0	¼
	0,7		1,8	
Feiner Hemdenstoff I . .	0,6	Feiner Hemdenstoff . . .	1,6	⅓
	0,4		1,0	
Feiner Hemdenstoff III .	0,6	Kambrik	1,6	½

2. Der Farbstoff wurde eingerieben und abgeklopft.

	7,0		20,0	
Grober Hemdenstoff . . .	7,0	Bettuch I	20,0	⅓
	5,0		20,0	
Bettuch, gebleicht	4,5	Bettuch II	36,0	¼
	4,5		20,0	
Feiner Hemdenstoff I . .	6,0	Feiner Hemdenstoff I . .	16,0	¼
	4,5		20,0	
Feiner Hemdenstoff . . .	6,0	Grober Hemdenstoff I . .	16,0	¼
	4,0		8,0	
Feiner Hemdenstoff II . .	3,2	Kambrik	7,5	½
	4,5			
	4,5			

Der Bakteriengehalt der Kleidung ist deswegen von Interesse, weil Krankheitskeime an ihr haften bleiben und so verschleppt werden. Besonders alte und getragene Kleider sind wegen ihrer Fähigkeit der Übertragung ansteckender Hautkrankheiten zu beachten. In ihnen finden mannigfache Bakterien und Pilze geeignete Nährböden, da bei längerem Gebrauche der Kleidung Verschmutzung eintritt. Von außen wirken Staub und Regen, von innen Schweiß und Hauttalg ein, welche in die Kleidung dringen, die Poren verstopfen und die Fasern verkleben.

Daß tatsächlich sich zahlreiche Bakterien in der (auch neuen) Kleidung finden, haben Hobein, Lehmann und Seitz nachgewiesen.

Hobein untersuchte den Übergang der Spaltpilze in die Unterkleider, Kleine Stückchen der betreffenden Unterkleiderstoffe wurden nebeneinander auf Hemdenstoff aufgenäht und auf der bloßen Brusthaut getragen. Es ergab sich, daß die Stoffe um so mehr Bakterien nach einiger Zeit in ihren Poren trugen, je rauher und dunkler sie waren. Flanell übertrifft nach dem Tragen die glatten, baumwollenen, leinenen und seidenen Stoffe um das 3—6fache an Pilzgehalt. ½ qcm glatten Stoffes lieferte nach 1½—6½tägigem Tragen 42, eine gleiche Fläche Flanell 290 Keime. Durch Dämpfung steigt bei Baumwolle, noch mehr bei Wolle, die zurückhaltende Kraft für die Bakterien, was sich durch Schrumpfung der Gewebsfasern erklärt.

Hobein schließt daraus, daß glatte und festgewebte Stoffe als die reinlichsten zu bezeichnen und speziell für die Krankenpflege zu empfehlen sind.

Lehmann prüfte den Bakteriengehalt der Kleidung in folgender Weise:

Zwei quadratische Stückchen von 5 cm Seitenlänge werden glatt in die Unterkleider von Versuchspersonen eingenäht. Vor dem Versuchsbeginn wird ein Bad mit gründlicher Abseifung des Körpers genommen, die Haut, speziell die Brust, dabei so sorgfältig wie möglich gereinigt; hierauf neue Wäsche mit den eingenähten Versuchsläppchen, beides sterilisiert, angelegt, und zwar wird das eine Mal rechts Leinen und links Baumwolle, das zweite Mal links Leinen und rechts Baumwolle je 4 Tage lang getragen. Über Nacht wird das Hemd in einem sterilisierten Gefäß aufbewahrt. Die Brust wird während der Versuchszeit nicht gewaschen. Hierauf werden die Läppchen mit sterilisierter Pinzette gefaßt, rasch herausgetrennt, und dadurch auf ihren Keimgehalt untersucht, daß man von jedem 1 Viertel mit 20 ccm sterilisiertem Wasser und einem sterilen Pistill je 10 Minuten lang durchknetet und mit 1 ccm der Knetflüssigkeit Agarplatten gießt, die im Brutschrank aufbewahrt werden. Die Läppchen kommen aus der ersten Knetflüssigkeit noch in eine zweite, in der sie nochmals 10 Minuten ausgedrückt werden und schließlich in eine dritte, wo sie ähnlich behandelt werden. Auch von der zweiten und dritten Knetflüssigkeit werden Platten gegossen. Nach dem dritten Kneten sind sie bereits vollständig in einzelne Fäden aufgelöst.

Das Zählen der Platten geschah nach 48 Stunden. Die gefundenen Zahlen der Keime in den einzelnen Stoffläppchen sind in der folgenden Tabelle enthalten. Dabei sei bemerkt, daß die Zahlen immer das Mittel von zwei Kontrollplatten sind.

Leinen feiner Hemdenstoff I	Absolute Zahlen der in 25 qcm des Stoffes gefundenen Keime	Baumwolle feiner Hemdenstoff I	Absolute Zahlen der in 25 qcm des Stoffes gefundenen Keime
I. Versuch, Läppchen 1	41 980	I. Versuch, Läppchen 1	69 440
„ 2	40 380	„ 2	68 360
II. Versuch, Lappchen 1	26 680	II. Versuch, Läppchen 1	70 820
„ 2	41 800	„ 2	71 560
III. Versuch, Läppchen 1	42 560	III. Versuch, Läppchen 1	64 100
„ 2	25 700	„ 2	71 300
IV. Versuch, Läppchen 1	40 900	IV. Versuch, Läppchen 1	64 160
„ 2	43 500	„ 2	71 600
Mittel	37 900	Mittel	68 900

Oder wenn Leinen = 100 gesetzt wird, 100 : 182.

Seitz entnahm aus den Kleiderstoffen ein 3 mm großes, rundes Stück mittels sterilen Locheisens, zerfaserte das Material und verteilte es in Nährgelatine. Es wuchsen aus einem solchen Stück von

getragenem baumwollenen Strumpfe	956 Kolonien	ungetragenem Leinen	9 Kolonien
getragenem wollenen Strumpfe . .	712 „	8 Tage getragenem Leinen . . .	23 „
einem wollenen Handschuh . . .	33 „	getragenem Sammetzeug	26 „
ungetragenem Wollstoff	20 „	ungetragenem Seidenstoff . . .	22 „
ungetragenem Hosenwollstoff . .	11 „	getragenem Seidenstoff	32 „

Pathogene Mikroben wurden in den Kleidungsstoffen selten gefunden, und zwar nur pyogene Staphylokokken.

Der Verfasser konnte den Typhusbazillus in Kleidungsstücken noch nach 21 und 26 Tagen, Erysipelaskokkus nicht mehr nach 18 Stunden, den Staphyluskokkus pyogenes albus noch nach 19 Tagen, den B. cholerae asiaticae auf Leinen nach 1 Tag, nicht mehr nach 3 Tagen, den B. anthracis auf Leinenzeug noch nach einem Jahre als lebensfähig und den letzteren auch als virulent erweisen.

Er suchte endlich den B. tuberc. bei zwei stark transpirierenden Phthisikern (mit notorisch tuberkelbazillenhaltigem Sputum) im Leinenzeug aufzufinden, welches er ihnen auf die Brust legte und von welchem er dann eine Verreibung in Wasser Meerschweinchen intraperitoneal injizierte. Doch wurde keines der beiden Tiere tuberkulös, so daß ein Übergang von Tuberkelbazillen durch den Schweiß in das Leinenzeug nicht erwiesen werden konnte.

Literaturverzeichnis.

Chelius, Über die Zersetzung in der Kleidung. Dissert. Marburg 1891.
Cramer, Über die Beziehung der Kleidung zur Hauttätigkeit. Arch. f. Hyg., Bd. 10.
Hobein, Mikroorganismen in Unterkleidern. Zeitschr. f. Hyg. 1890, Bd. 9.
Heim, Fernbach et Rullier, L'antiseptisation des vêtements du combattant. Annales d. l'inst. Pasteur 1919.
Kißkalt, Über die Absorption von Gasen durch Kleidungsstoffe. Arch. f. Hyg. 1902, Bd. 41, S. 197.
Lehmann, K. B., Untersuchungen über die Aufnahme von Gasen (namentlich Ammoniak) und Wasserdampf durch Kleidungsstoffe. Arch. f. Hyg. 1906, Bd. 57, S. 273.
Seitz, E., Untersuchungen betreffend Zahl, Lebensfähigkeit und Virulenz der in Kleidungsstücken vorkommenden Bakterien. Dissert. München 1893.
Yokote, Ch., Über die Absorption von Gasen durch Kleidungsstoffe. Arch. f. Hyg. 1904, Bd. 50, S. 128.
Ders., Über die Zersetzungsvorgänge in schmutziger Unterkleidung. Arch. f. Hyg. 1904, Bd. 50, S. 158.

Gewerbehygienische Untersuchungsmethoden und Untersuchung der Gebrauchsgegenstände.

Von

Prof. Dr. **A. Korff-Petersen** (†) und Dr. **W. Liese.**

Mit 16 Abbildungen im Text.

A. Gewerbehygienische Untersuchungsmethoden.

Die Gewerbehygiene hat die Aufgabe, den Einfluß der beruflichen Tätigkeit selbst und etwaiger während dieser Beschäftigung auf den Arbeiter einwirkenden schädlichen Momente zu untersuchen und die Maßnahmen zur Beseitigung dieser Schädlichkeiten anzugeben.

Über die Höhe der in den einzelnen Berufen bestehenden Gesundheitsgefährdungen gibt die Mortalitäts- und Morbiditätsstatistik gewisse Anhaltspunkte.

Als Quellen der Statistik kommen aus älterer Zeit in Betracht:

Englische Statistik, Bericht des 7. internat. Kongresses für Hygiene, London 1891, Bd. 10.

Französische Statistik, Bertillon, ebenda.

Deutsche Krankenkassenstatistik: Leipziger Ortskrankenkasse (Krankheits- und Sterblichkeitsverhältnisse in der Ortskrankenkasse für Leipzig und Umgegend. Bearb. im Kaiserl. Stat. Amt Berlin 1910; umfaßt die Zeit vom 1. I. 1887 bis 31. IV. 1905).

Österreichische Statistik. Frankfurter Ortskrankenkasse, umfaßt das Jahr 1896.

Wünschenswert wäre eine weitere Durcharbeitung des großen Materiales der deutschen Krankenversicherung nach einheitlichen Grundsätzen.

Ein Vergleich solcher Statistiken untereinander ist sehr schwierig, da die Zahlen zum Teil auf sehr verschiedenen Unterlagen aufgebaut sind. Auch die verschiedenen Zeitperioden des hygienischen und technischen Wissens spielen eine große Rolle. In den verschiedenen Industriestaaten sind die Lebensbedingungen und der Altersaufbau zu verschieden, um einen unmittelbaren Vergleich zuzulassen. Auch in den einzelnen Berufen ist der Altersaufbau sehr ungleich, was beim Vergleich der Statistik der betreffenden Berufe berücksichtigt werden muß. Ferner ist es oft schwierig, die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Berufe oder Gruppe innerhalb des Berufes genau zu ermitteln (s. Bd. 1, S. 87). In manchen Berufen (z. B. Goldwaren) läßt sich Handel und Fabrikation oft schwer trennen; viele Berufe beschäftigen die Arbeiter nur zu bestimmten Jahreszeiten, während

sie die übrige Zeit anderweitig tätig sind. Auch die sogenannte Berufsauslese muß berücksichtigt werden. Eine Reihe von Gewerben erfordert starke, kräftige Arbeiter (Schlosser, Brauer, Schmiede, Lastträger, Bergarbeiter usw.), während in anderen Schwächliche Beschäftigung finden. Trotzdem in diesen die Anforderungen geringer sind, kann daher doch ihre Statistik schlechter sein als bei den ersten (Hausierer, Schneider, Krämer usw.). Für manche Berufe ist vor dem Eintritt ärztliche Untersuchung vorgeschrieben. Dadurch werden kränkliche und sonst ungeeignete Personen von ihnen ferngehalten (Bleiarbeiter, Bergarbeiter).

Die Berufsauslese beeinflußt vor allem die Mortalitätsstatistik. Die leichte Arbeit kann vielfach auch noch vom kranken Arbeiter geleistet werden, ohne die Krankmeldungen stark zu steigern: hingegen wird die Zahl der Todesfälle in einzelnen Berufen besonders in den ersten Jahresgruppen durch Schwächlinge erhöht. Auch die verschiedene Art der Lebensgewohnheit, die wirtschaftliche Lage, die Wohnungsbeschaffenheit können die Möglichkeit, aus der Statistik Schlüsse zu ziehen, sehr erschweren.

I. Mortalität.

Mortalität oder Sterblichkeit ist die Zahl der jährlichen Todesfälle auf 1000 Arbeiter.

Als Urmaterial für die Berechnung kommen die amtlichen Sterberegister und Leichenschauscheine vorwiegend in Frage. Die Aufzeichnungen der Krankenkassen sind als Ausgangsmaterial unbrauchbar (siehe S. 63 u. 66).

Zum Vergleich der Mortalität verschiedener Berufsklassen untereinander bedient man sich entweder der Standardberechnung oder der Berechnung der erwartungsmäßigen Ereignisse.

Bei der ersten, hauptsächlich in der englischen Statistik gebräuchlichen Art der Berechnung vergleicht man die Sterblichkeit der verschiedenen Berufsgruppen für die Leute im Alter von 25—65 Jahren (mittleres berufstätiges Lebensalter) mit der der Gesamtbevölkerung vom selben Alter. Man berechnet

1. auf wieviel Personen der Gesamtbevölkerung 1000 Todesfälle kommen. Dann stellt man
2. fest, wie sich die so gewonnene Zahl auf die einzelnen Altersklassen verteilt. Nun wird
3. die Mortalität der einzelnen Jahresklassen der zu vergleichenden Berufe in Promille festgestellt und
4. diese Zahl mit den unter 2. erhaltenen Zahlen multipliziert, die einzelnen Zahlen addiert. Die so gewonnene Zahl ist die vergleichende Sterblichkeitszahl der betreffenden Berufe.

Beispiel: 1891 betrug die englische Gesamtbevölkerung von 25 bis 65 Jahren 16987000. Unter ihr kamen jährlich 277483 Todesfälle vor. 1000 Todesfälle kamen also auf $\frac{1000 \cdot 16987000}{277000} = 61215$ Personen. Die 16987000 Personen der Gesamtbevölkerung verteilen sich wie folgt auf die einzelnen Altersklassen

25—35	Jahre	6267030
35—45	„	4833231
45—55	„	3576367
55—65	„	2310372
		16987000

61 215 Personen würden sich dann folgendermaßen auf diese Altersklassen verteilen:

25—35	Jahre	22586
35—45	„	17418
45—55	„	12885
55—65	„	8326
		61215

Verglichen sei die Mortalität der englischen Geistlichen. Diese betrug:

25—35	Jahre	4,23‰	zu	multiplizieren	mit	22	586	= 96
35—45	„	5,13‰	„	„	„	17	118	= 90
45—55	„	10,52‰	„	„	„	12	885	= 136
55—65	„	25,35‰	„	„	„	8	326	= 211
							Zusammen	533

533 ist also die vergleichende Sterblichkeitsziffer der Geistlichen, wenn die der Gesamtbevölkerung 1000 beträgt.

Oder es wird ermittelt, wieviel von 1000 Angehörigen der ganzen Bevölkerung auf jede Altersklasse fallen; diese Promillesätze werden mit den auf 1000 Lebende bezogenen Sterbekoeffizienten der Altersklassen einer Bevölkerungsgruppe oder dergleichen multipliziert, die erhaltenen Produkte werden mit 1000 dividiert und das Ganze addiert.

Tabelle 1.

Erwartungsmäßige Ereignisse (frei gewähltes Beispiel).

1	2	3	4	5
Altersgruppe	Standard-Sterblichkeit der Gesamtbevölkerung gleichen Geschlechtes	Besetzung des zu beurteilenden Berufes	Erwartete Todesfälle	Beobachtete Todesfälle
20—30	0,6	83	0,5	—
30—40	0,8	453	3,6	3
40—50	1,3	610	7,9	5
50—60	3,2	532	17.0	20
60—70	8,1	308	25,0	22
		1986	54,0	50
			Beobachtete Sterblichkeit mithin 92,6% der erwartungsmäßigen	

Bei dem zweiten in Deutschland üblicheren Verfahren stellt man zunächst die Standardsterblichkeit der Gesamtbevölkerung des gleichen Geschlechtes für die verschiedenen Altersklassen fest (s. Stab 2 der Tab. 1). Ebenso wird festgestellt, wieviel Personen des zu vergleichenden Berufes in den verschiedenen Altersklassen vorhanden sind (Stab 3 der Tab. 1). Durch Multiplikation der Standardsterblichkeit der betreffenden Altersklasse mit der Anzahl der in ihr vorhandenen Personen ergeben sich die zu erwartenden Todesfälle (Stab 4 der Tab. 1). Durch Vergleich dieser Zahlen mit der Anzahl der beobachteten Todesfälle (Stab 5 der Tab. 1) ersieht man, ob der Beruf eine besonders hohe oder niedrige Sterblichkeit aufweist.

II. Morbidität.

Morbidität ist die Zahl der jährlichen Erkrankungsfälle auf 1000 Arbeiter. Ihre statistische Erfassung ist sehr schwierig. Der Begriff der Krankheit ist oft unbestimmt, zuweilen werden nur die schweren mit Arbeitseinstellung verbundenen gezählt, zuweilen alle. Die statistischen Angaben werden bezogen auf 100 Vollarbeiter oder 100 Mitglieder einer Kasse. Ein Vollarbeiter = Zahl der Arbeitstage sämtlicher Arbeiter dividiert durch 300 bzw. in Betrieben mit Sonntags- und Nachtschicht durch 720. Bei Betrieben mit häufig wechselnden Arbeitern verteilen sich dabei die beobachteten Krankheiten auf eine zu hohe Zahl.

Als „Erkrankungsfälle" werden verstanden die Zahl der Krankmeldungen, an die sich eine Vergütung für Krankheitstage anschloß.

Als Durchschnittsdauer der Krankheit gilt in Deutschland die durchschnittliche Zahl der Tage, für die das gesetzliche Krankengeld gezahlt wird. Hierbei gehen der Statistik alle leichten Erkrankungsfälle von weniger als 3 Tagen und alle schweren von über 26 Wochen sowie alle nach mehr als 26 Wochen eintretenden Todesfälle verloren, da nur bei mehr als dreitägiger Arbeitsunterbrechung bis zu 26 Wochen Krankengeld gezahlt wird.

Dr. H. Bleicher, Direktor des statistischen Amtes in Frankfurt, hat in den Frankfurter Krankheitstafeln (Frankfurt 1905) die „nicht zur Arbeitslosigkeit führenden Krankheitsfälle" neben den anderen berücksichtigt und gefunden, daß diese leichten Erkrankungen, für welche die Kassen nur Arzt, Arznei und sonstige Hilfsmittel zu stellen haben, doppelt bzw. 1½mal soviel als die Erkrankungen betragen können, die mit Arbeitsunterbrechung einhergehen und in den gewöhnlichen Statistiken gezählt werden.

Als Krankheitswahrscheinlichkeit bezeichnet man die Zahl der auf 100 Vollarbeiter entfallenden Krankheitstage, also das Produkt aus der Krankheitszahl und Krankheitsdauer.

Die Häufigkeit der Krankmeldungen und die Krankheitsdauer werden mitbeeinflußt durch die Höhe des Krankengeldes und die Häufigkeit der Kontrolle durch Krankenbesucher. Hohes Krankengeld erleichtert die Krankmeldung und führt zu späterem Gesundmelden, ebenso schlechte Konjunktur. Im Kleinbetrieb ist die Abkömmlichkeit schwerer als im Großbetrieb.

Alle diese Momente sind zu berücksichtigen — ebenso wie die Schwierigkeiten der richtigen Eingliederung der Erkrankten in die Berufsgruppen —, wenn aus der Morbiditätsstatistik Schlüsse gezogen werden sollen.

III. Arten der Gesundheitsgefährdung.

Eine Gesundheitsgefährdung der Arbeiter durch unmittelbaren schädlichen Einfluß der Beschäftigung kann entstehen:

1. durch zuweitgehende Beanspruchung seiner Körperkraft und dadurch bewirkte übergroße Ermüdung, besonders auch durch einseitige Muskelanstrengung und unzweckmäßige Körperhaltung; 2. durch unhygienische Beschaffenheit der Arbeitsräume; 3. durch Schädigung der Sinnesorgane infolge starker Reize durch strahlende Energie, Geräusche usw.; 4. durch gesteigerten bzw. stark erniedrigten Luftdruck; 5. durch

ungünstige Temperaturverhältnisse; 6. durch Staubeinwirkung; 7. durch giftige Gase bzw. giftiges Arbeitsmaterial und Kontagien; 8. durch Unfälle.

Um eine Schädigung der Arbeiter durch zu starke Beanspruchung seiner Körperkraft zu vermeiden, sind zunächst die Arbeitsrekruten auf ihre körperliche Eignung für den von ihnen gewählten Beruf zu untersuchen. Dies hat nach den Regeln der klinischen Untersuchungsmethodik zu geschehen, worauf hier nicht näher eingegangen werden kann.

An dieser Stelle möge jedoch eine Übersicht mitgeteilt werden über die Berufe, die für Personen mit gewissen Fehlern ungeeignet bzw. geeignet sind.

Es ist zu warnen vor nachstehenden Berufen:

Bei Herzkrankheiten: Bäckerei, Baugewerbe, Böttcherei, Brauerei, Briefträger, Drechslerei, Feilenhauerei, Gastwirtsgewerbe (Kellner), Müllerei, Sattlerei, Schleiferei, Schlosserei, Schmiedegewerbe, Steinhauer, Steinsetzer, Tischler, Weber, Maschinennähen.

Bei Erkrankungen der Atmungsorgane: Allen Gewerben mit Staub- und Gasentwicklung, Kohlenhändler, Heizer, Schornsteinfeger, Gießer, Former, Metallpolierer, Feilenhauer, Schleifer (Metall, Glas usw.), Porzellanarbeiter, Töpfer, Steinhauer, Zementarbeiter, Spinnerei, Weberei, Wollfabrikation, Lumpensortierer, Bleiarbeit, Anstreicher, Farbenarbeiter, Filzhutfabrikation, Thermometerfabrikation, Barometerfabrikation, Glühlampenfabrikation. Viele Zweige der chemischen Industrie. Wegen Erkältungsgefahr: Seefahrt, Fischerei, Fuhrwesen, Färberei, Bäckerei, Glasbläser. Wegen ungünstiger Körperhaltung: Schuster, Schneider.

Bei Eingeweidebrüchen: Baugewerbe, Brauerei, Schmiede, Glasbläser, Trompeter, Seefahrt, Fischer.

Bei nervösen Störungen: Aufregende und verantwortungsvolle Berufe: Lehrer, Bankbeamte, Soldat, Polizei, Alkoholgewerbe, Fernsprechdienst. Bei Epileptikern: Baugewerbe, Maschinenbetrieb, Fuhrwesen, Schornsteinfeger, Seefahrt, Kinderwärterin.

Bei Hautkrankheiten: Wenn entstellend: Kellner, Barbier, Kaufmann, Schaffner. Wegen Gefahr der Verschlimmerung. Gewerbe, die eine Durchnässung bedingen, wie: Wäscherei, Färberei, Schiffahrt u. a. Viele Zweige der chemischen Industrie. Personen mit Schweißhänden sind ungeeignet als Barbiere, Masseure, Köche, Schneider, Putzmacher, Mechaniker, Klempner, Uhrmacher, Juweliere, Buchbinder.

Augenleiden: Mindestens zwei Drittel der normalen Sehkraft ist notwendig für Architekt, Bauklempner, Buchdrucker, Chauffeur, Dachdecker, Förster, Goldarbeiter, Kutscher, Landmesser, Maler, Maschinenbauer, Optiker, Photograph, Schlosser, Schneider, Seemann, Tapezierer, Zahntechniker. Stark Kurzsichtige sind in Maschinenbetrieben stark gefährdet. Einäugige sollten Berufe meiden, in denen das Auge Verletzungen ausgesetzt ist: Steinhauer, Schlosser, Schmied. Bei Entzündungen der Lider und der Cornea sind Berufe zu meiden, bei denen Reizungen durch Rauch, Staub, strahlende Hitze, grelles Licht auftreten: Bäcker, Müller, Heizer, Metallgießer, Glasbläser. Farbenblindheit schließt aus von: Bahndienst, Schiffahrt, Dekorateur, Färberei, Blumenfabrikation.

Ohrenleiden. Bei Ohreiterungen sind zu meiden Berufe mit Erkältungsgefahr: Militär, Polizei, Schiffahrt, Fuhrdienst, Fischerei, Jägerei. Wegen Gefahr von Schwindelfällen sind Berufe, bei denen auf Gerüsten, Leitern und ähnlichem gearbeitet werden muß, zu meiden. Schwerhörige

sollen Lärmbetriebe meiden: Schmiede, Schlosser, Klempner, Maschinenbetrieb. Alle Ohrkranken sollen vermeiden: Taucherdienst, Schwimmlehrer, Luftfahrt, Glasbläser, Musiker (Blasinstrumente).

Schwächlicher Körperbau macht ungeeignet für: Bäcker, Böttcher, Brauerei, Drechsler, Feilenhauer, Fischerei, Forstfach, Rohrleger, Metallgießer, Gerber, Glasbläser, Kupferschmied, Kurbelstickerei, Krankenpflege, Seefahrt, Müller, Steinsetzer, Wäscherei, Schmied, Schlosser, Schriftgießer, Segelmacher, Stellmacher, Tischler, Zimmermann.

Plattfüße oder Krampfadern: Sind hinderlich beim Bäcker, Bronzeur, Buchdrucker, Buchhändler, Drechsler, Glasbläser, Bildhauer, Hutmacher, Verkäufer, Kellner, Koch, Handschuhmacher, Möbelpolierer, Schlächter, Schmied, Schlosser, Schwertfeger, Seiler, Tischler, Vergolder, Wäsche zuschneiden.

Geeignete Berufe sind:

Bei Herzkrankheiten: Bureauarbeit, Kaufmann, Buchbinder. In leichten Fällen: Photograph, Sattler, Musterzeichner, Korbmacher, Gipsmodelleur, Kammacher, Blumenfabrikation.

Bei Erkrankungen der Atmungsorgane: Freilandgärtner (bei mäßigem Grade des Leidens), Photograph, Musterzeichner.

Bei nervösen Störungen: Gärtnerei, Landwirtschaft, Schneider, Schreiber. Für Epileptiker leichteren Grades: Schneider, Schuhmacher, Buchbinder, Korbflechter, Buchdrucker, Zeichner, Gärtner, Schreiber.

Bei schwächlichem Körperbau: Buchbinder, Buchhändler, Blumen- und Federfabrikation, Musterzeichner, Photograph, Sattler, Schreiber, Stickerei, Uhrmacher, Zigarrenfabrikation.

Bei Hilfsschülern sind solche Berufe anzuraten, bei denen kein besonders großes Wissen und Können, oder Aufwand geistiger Kraft nötig ist. Es kommt gelegentlich vor, daß Hilfsschüler in einzelnen handwerksmäßigen Verrichtungen außergewöhnliche Veranlagung an den Tag legen (Zeichnen, Gravieren, Malen, Holzschnitzen), doch bringen sie fast nie eigene Arbeiten zustande, sondern müssen auch dann sich mit einer untergeordneten Stellung unter Anleitung begnügen.

Im allgemeinen sind für Hilfsschüler geeignete Berufe: ungelernte Fabrikarbeiter, Straßenarbeiter, Taglöhner, Handlanger, Knecht, Erdarbeiter, Laufbursche. — Stricken, Stopfen, Nähen, Aushilfsarbeiterin, Plätterin.

IV. Psychotechnische Arbeitsprüfung.

Neben der körperlichen muß auch die psychische Eignung zur beruflichen Tätigkeit vorhanden sein, worauf vom hygienischen wie vom wirtschaftlichen Standpunkt zu dringen ist. Die Untersuchung hierauf hat sich die Psychotechnik zur Aufgabe gemacht.

Die Durchführung psychotechnischer Eignungsprüfung ist nicht Sache des Hygienikers. Wenn sie wissenschaftlich betrieben werden soll, was heutzutage leider in der Praxis nicht immer der Fall ist, setzt sie ganz eingehende Fachkenntnisse voraus. Es besteht eine sehr umfangreiche Methodik und Literatur. Eine ausführliche Beschreibung der Methoden würde daher den Rahmen dieses Abschnittes weit überschreiten und die Angaben einiger weniger Untersuchungsmethoden hat keinen Zweck. Es muß daher auf die einschlägige Literatur verwiesen werden (B. Giese,

Handbuch psychotechnischer Eignungsprüfung. 2. Aufl., Halle a. S. 1925, 870 Seiten).

Um die Arbeit unter möglichst günstigen Bedingungen, die sowohl der Schonung der Körperkraft des Arbeitenden dienen als auch eine vorteilhaftere Zeitausnutzung bewirken sollen, vor sich gehen zu lassen, hat man dem Arbeitsgerät hinsichtlich seiner Ausgestaltung in neuerer Zeit besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Bei Maschinen ist man darauf bedacht, die zu ihrer Bedienung nötigen Handgriffe möglichst einzuschränken und so einfach wie möglich zu gestalten. Beim Handwerkszeug wird darauf geachtet, daß es das zweckmäßigste Gewicht und die günstigste Form habe, bei der der Körper eine möglichst bequeme Stellung einnehmen kann. Der Einfluß dieser Maßnahmen in wirtschaftlicher Hinsicht wird geprüft durch Feststellung der in einer gewissen Zeit bei Innehaltung bestimmter Pausen geleisteten Arbeit. Die Ausführung dieser Untersuchungen ist nur selten Sache des Hygienikers. Die Art der Beobachtung muß den jeweiligen Arbeitsbedingungen angepaßt und kann hier nicht eingehender behandelt werden.

Ermüdung.

Aufgabe des Hygienikers wird es dagegen häufiger sein, die bei der Arbeit auftretende Ermüdung zu prüfen. Die hierfür in Betracht kommenden Methoden sind an anderer Stelle des Handbuchs beschrieben.

V. Arbeitsräume.

Zur Beurteilung, ob die Arbeitsräume den hygienischen Anforderungen entsprechen, sind die in den Abschnitten Wohnung, Heizung, Lüftung, Beleuchtung beschriebenen Methoden dem jeweiligen Zwecke entsprechend anzuwenden.

Bei Arbeitsräumen ist noch besonders darauf zu achten, daß die Fußböden schwer abnutzbar, nicht stauberzeugend, feuersicher, schlecht wärmeleitend, nicht angreifbar für Flüssigkeiten, leicht zu reinigen, aber nicht glatt sind.

Zur Beurteilung der Feuersicherheit muß festgestellt werden, daß die Türen nach außen aufschlagen, daß genügende Notausgänge vorhanden und bei mehrstöckigen Gebäuden die einzelnen Stockwerke und verschiedenen Räume untereinander feuersicher abgeteilt sind. Neben Innentreppen sind auch Außentreppen mit Geländer vorgeschrieben. Für besonders gefährliche Betriebe bestehen Sonderverordnungen.

Hinsichtlich der Beleuchtung kommen die im Kapitel „Beleuchtung“ mitgeteilten Grundsätze und Methoden in Frage. Bezüglich der Beleuchtung durch künstliches Licht verlangen die „Leitsätze der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft“ folgendes: Die Beleuchtungsanlage muß den Rücksichten auf Gefahrlosigkeit, Gesundheit und Betriebssicherheit entsprechen (vgl. Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, der Gewerbeaufsichtsbehörden, der Feuerversicherungsgesellschaften usw.). Die Beleuchtung muß hinreichend stark sein.

Die Mindestforderung an die Beleuchtungsstärke ist in der nachstehenden Zusammenstellung enthalten. Dabei gelten die in Spalte I ausgeführten Werte für die mittlere Beleuchtung; die in Spalte II aufgeführten Werte gelten für die kleinste Beleuchtungsstärke, die an keiner Stelle der in Frage kommenden Fläche unterschritten werden darf.

Art der Beleuchtung	I mittlere Beleuchtungsstärke	II kleinste Beleuchtungsstärke
Verkehrs-Beleuchtung	Lux	Lux
Auf Fahrwegen, Durchfahrten, Höfen, soweit sie dem Verkehr dienen	1—2	0,2
in Nebengängen, Nebenräumen, Lagerräumen	2—5	0,6
an Ein- und Ausgängen, in Hauptgängen, auf Treppen, in Werkstätten	5—15	2
Arbeits-Beleuchtung		
für grobe Arbeit, z. B. Walzwerke, Schmiede, Grobmontage usw.	15—30	10
für mittlere Arbeit, z. B. Schlosserei, Dreherei, Montage, Kernmacherei, Tischlerei, Klempnerei, Spinnsäle, Websäle, für helle Garne usw.	40—60	20
für feine Arbeit, z. B. Feinmechanik, Websäle, für farbige und dunkle Garne, Bureauarbeit usw.	60—90	30
für feinste Arbeit, z. B. Uhrmacher- und Graveurarbeit, Setzerei, Näherei, Zeichnen usw.	90—250	50

Die Beleuchtungsstärke ist zu messen:
bei Verkehrsbeleuchtung auf der Horizontalebene, 1 m über dem Fußboden,
bei Arbeitsbeleuchtung ebenso, oder auf der Arbeitsfläche.

(Die mittlere Beleuchtung ist aus einer hinreichend großen Zahl von gleichmäßig über die ganze jeweils in Frage kommende Fläche verteilten Messungen zu ermitteln.)

Die Güte der Beleuchtung.

1. Die Beleuchtung darf keine störenden Schlagschatten geben und weder örtlich noch zeitlich lästige Ungleichmäßigkeiten zeigen. Für gute Lichtverteilung und für richtigen Lichteinfall ist zu sorgen.

2. Die Beleuchtung darf keine Blendung hervorrufen.

Als blendend gelten:

a) bei Allgemein- und Verkehrsbeleuchtung: Lampen, die mit einer Leuchtdichte von über 5 HK/qcm ihr Licht direkt in das Auge werfen. Lampen, die so hoch angeordnet sind, daß der Winkel zwischen der Wagerechten und der Blickrichtung nach der Lampe mehr als 30° beträgt, gelten auch bei höherer Leuchtdichte nicht als blendend;

b) bei Platzbeleuchtung: Lichtquellen, die mit einer Leuchtdichte (Flächenhelle) von über 0,75 HK/qcm direkt in das Auge des Arbeitenden werfen;

c) bei jeder Art der Beleuchtung: blanke Flächen, die durch Spiegelung störendes Licht in das Auge des Arbeitenden reflektieren (indirekte Blendung).

In manchen Betrieben (Glashütten, elektrischen Schweißen, Ofenarbeiten) kommt Schädigung durch unsichtbare (ultrarote und ultraviolette Strahlen) zustande. Bezüglich Messung dieser Strahlen s. Abs. „Beleuchtung". Bezüglich Schutzmaßnahmen s. Lehmann, Gewerbehygiene, Handbuch der Hygiene von Rubner, Ficker, Gruber, Bd. IV, 2.

Als Luftkubus für den einzelnen Arbeiter sind mindestens 10 cbm anzunehmen bei einer Bodenfläche von 2 qm und einer Raumhöhe von 3 m.

Von besonderer Bedeutung ist in manchen Betrieben die Luftfeuchtigkeit (Untersuchungsmethoden, s. Bd. I).

Bei der Begutachtung von Fabriken ist auf das Vorhandensein von zweckentsprechenden Nebenräumen zu achten. So sollen in größeren Betrieben, bei denen die Arbeiter sich umkleiden und sich nach der Arbeit reinigen müssen, ausreichende, nach Geschlechtern getrennte Wasch- und Ankleideräume vorhanden sein, die so eingerichtet sein müssen, daß

Erkältungskrankheiten vermieden werden. Ferner sind geräumige und heizbare Speiseräume mit Einrichtung zum Erwärmen der mitgebrachten Speisen vielfach erforderlich. Gesundes und genügend Trinkwasser muß vorhanden sein. (Prüfung nach den Bd. 1, S. 800ff. mitgeteilten Methoden.) In größeren Betrieben, vor allem bei größerer Staubentwicklung und Arbeit mit giftigem Arbeitsmaterial sind Fabrikbäder (Brausebäder und einige Wannenbäder) neben gewöhnlichen Wascheinrichtungen vorzusehen. In Giftbetrieben ist das Vorhandensein von Arbeitskleidern nötig.

Bedürfnisanstalten müssen der Zahl der Arbeiter entsprechend (für je 15—20 Arbeiter 1 Sitz) vorhanden sein. Sie müssen den Anforderungen der Gesundheitspflege entsprechen und so eingerichtet sein, daß ihre Benutzung ohne Verletzung von Sitte und Anstand erfolgen kann (§ 120b der Reichsgewerbeordnung).

Über Belästigung durch Schall s. „Wohnung".

VI. Luftdruck.

Durch stark gesteigerten Luftdruck sind gefährdet die Arbeiter bei Taucher- und Caissonarbeiten. Die Höhe des Luftdruckes läßt sich leicht aus der zu erreichenden Wassertiefe errechnen (10 m Wasser = 1 Atmosphäre). Für genauere Messung des Luftdruckes kommen die Bd. 1, S. 615ff. beschriebenen Verfahren in Frage. Bei Caissonarbeiten spielt ferner die Ansammlung von Wasserdampf, Kohlensäure und die Temperatur der Luft eine wesentliche Rolle. Über die zur Bestimmung dieser Faktoren in Betracht kommenden Methoden siehe die entsprechenden Kapitel in Bd. 1.

Unter der Wirkung stark erniedrigten Luftdruckes stehen die Arbeiter auf hohen Bergen (Bahnarbeiter, Wegearbeiter usw.), sowie die Luftschiffer und Flieger. Auch hier kommen die aufgeführten Methoden bezüglich des Luftdruckes, Temperatur und Feuchtigkeit und gegebenenfalls diejenigen zur Bestimmung des Sauerstoffes in Frage.

VII. Wärmeeinflüsse.

Von besonders großem Einfluß auf die Arbeitsleistung und die Entstehung von gewerblichen Schädigungen sind die Wärmeeinflüsse. Diese sind bedingt durch das Zusammenwirken von Temperatur, Feuchtigkeit und Bewegung der Luft sowie von der auf den Körper einwirkenden Wärmestrahlung. Einzeln können diese Faktoren mittels der Bd. 1, Abschnitt „Physikalische Untersuchungsmethoden der Atmosphäre" beschriebenen Methoden gemessen werden. Zur Messung der Temperaturen von Oberflächen, die für die Beurteilung der Strahlungswirkung notwendig ist, werden am zweckmäßigsten Thermoelemente bzw. Widerstandsthermometer benutzt, wie sie Bd. 1, S. 170 beschrieben sind. Zur unmittelbaren Messung der gestrahlten Wärme dienen Bolometer. Dieses Instrument besteht aus etwa 20 sehr dünnen Platinstreifen, die in zwei Ebenen auf einem Schieferrahmen von etwa 3,3 cm angeordnet sind, und zwar so, daß die Streifen der einen Ebene hinter die Zwischenräume treten, welche die Streifen der anderen Ebene bilden. Gemessen wird die Energie der Strahlung, welche auf die von der inneren Kante des Schieferrahmens begrenzte Fläche fällt. Ein Maß für die absorbierte Energie ist die Temperatursteigerung des Platins, die aus der Widerstandserhöhung aller hintereinander geschalteter Platinstreifen abgeleitet wird. Wegen Einzelheiten muß auf

F. Henning: Die Grundlagen, Methoden und Ergebnisse der Temperaturmessung, Braunschweig 1915, hingewiesen werden.

Ein rechtes Bild über die Gesamtwirkung der Faktoren läßt sich aber durch diese Einzelbeobachtungen doch nicht machen. Die im Abschnitt „Physikalische Untersuchungsmethoden" nur kurz gestreiften Methoden zur Bestimmung der Gesamtwirkung der thermischen Faktoren scheinen in der gewerbehygienischen Forschung immer mehr in den Vordergrund zu treten. Daher ist es gerechtfertigt, an dieser Stelle die Methoden ausführlicher zu beschreiben.

Von den zahlreichen Vorschlägen, die in dieser Hinsicht gemacht worden sind, sollen freilich nur die wichtigsten besprochen werden.

Eine fast vollzählige Aufzählung der hier in Betracht kommenden Literatur findet sich bei Jötten (Zeitschr. f. Hygiene u. Inf., Bd. 103, 1924).

Um die Abkühlungsgröße, d. h. die Gesamtwirkung von Lufttemperatur, Strahlung, Wind und Feuchtigkeit zu bestimmen, hat man zunächst gewöhnliche Thermometer auf eine gewisse Temperatur erwärmt und dann beobachtet, um wieviel sie sich in einer gewissen Zeit abkühlten. Später hat Frankenhäuser (Med. Klinik 1911, S. 855) einen Homöotherm genannten Apparat angegeben, der aus einem zylindrischen Gefäß aus Kupferblech von 100 qcm Oberfläche besteht, in welchem sich 100 g Wasser befinden. In das Wasser taucht ein Thermometer. Das Instrument wird erwärmt und dann der Abkühlung ausgesetzt. Jeder Grad Temperaturverlust soll einer Grammkalorie Wärmeverlust pro Quadratzentimeter entsprechen. Durch Beobachtung der Abkühlungszeit kann man also den Wärmeverlust für die Minute errechnen. Die Messungen können mit nackter Kupferhaut oder mit einem trockenen oder feuchten Überzug aus Baumwolltrikot vorgenommen werden.

Der Homöotherm hat zweifellos manche Mängel, die von B. Lange (Zeitschr. f. Hygiene u. Inf., Bd. 91, S. 473, 1921), Flügge (Zeitschr. f. Tuberkulose, Bd. 37), Dorno (Meteorolog. Zeitschr., 1922) und Reichenbach (Zeitschr. f. Hyg., Bd. 98, S. 528, 1922) hervorgehoben sind. Diese Mängel bestehen hauptsächlich darin, daß eine unregelmäßige Abkühlung des Wassers im Instrument stattfindet, wodurch Konvektionsströme entstehen, und daß jede geringste Erschütterung die Ablesung sofort völlig ungenau macht. Zwar ist Jötten (Zeitschr. f. Hyg., Bd. 103, 1924) bei seinen Messungen zu dem Schluß gekommen, daß das Instrument für die „medizinische Klimatologie" wertvoll sei, aber seine Versuchsanordnung gestattet keine Schlüsse für die natürlichen Entwärmungsbedingungen des Menschen. Jedenfalls ist das Instrument für gewerbehygienische Zwecke schon infolge seiner Empfindlichkeit gegen Erschütterungen nicht geeignet.

Die wesentlichsten Fehler des Homöotherms sind vermieden bei dem auf denselben Grundsätzen beruhenden Katathermometer von Hill. Das Instrument ist ein Alkoholthermometer mit einem zylinderförmigen Gefäß von 4 cm Länge und 2 cm Durchmesser und einer Röhre von ungefähr 20 cm Länge. Die Röhre trägt am oberen Ende ein kleines Reservoir, das bei Erwärmung des Instrumentes über 39° einen Teil des Alkoholes aufnimmt. Ferner ist die Röhre mit einer Marke bei 38° und 35° versehen. Zum Versuch wird das Thermometer auf etwa 39—40° — am besten durch Eintauchen in 40—41° warmes Wasser —, keinesfalls über dem Bunsenbrenner, erwärmt, wobei etwas Alkohol in das obere Reservoir eintritt, und hierauf sehr sorgfältig abgetrocknet. Man kann dann das Instrument an dem Orte aufhängen, an welchem die Abkühlungsgröße beobachtet

werden soll. Die Abkühlungsgröße stellt man fest, indem man mit der Stoppuhr die Zeit beobachtet, die vergeht, während sich das Thermometer von 38° auf 35° abkühlt. Bei dieser Abkühlung müßte das Instrument theoretisch immer die gleiche Wärmemenge abgeben und die Zeit, in der die Abkühlung vor sich geht, nur von den äußeren Bedingungen — beim trockenen Instrument Temperatur, Luftbewegung und Strahlung — abhängig sein. Es wird aber später gezeigt werden, daß die abgegebene Wärme in einem geringen Grade auch von der Art der Erwärmung des Instrumentes abhängt.

Will man die Leistungsfähigkeit des Katathermometers noch erweitern, so kann das untere Alkoholreservoir mit einem Musselinstrumpf überzogen werden, der bei dem Erwärmen angefeuchtet wird. Das so vorbereitete Instrument reagiert dann auch auf die Luftfeuchtigkeit, so daß in diesem Falle alle für die Entwärmung des menschlichen Körpers in Betracht kommenden Faktoren erfaßt werden.

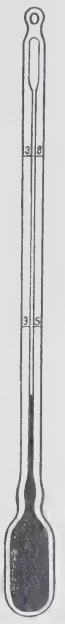


Fig. 1. Katathermometer. 1 : 3 nat. Gr.

Theorie des Katathermometers.

Das Instrument soll die Wärmemenge H anzeigen, die bei gegebenen thermischen Verhältnissen in 1 Sekunde von 1 qcm trockener oder feuchter Oberfläche abgegeben wird. Als Maß dient die Millikalorie (= 0,001 Grammkalorie). Um diese Wärmemenge berechnen zu können, muß die Gesamtwärmemenge bekannt sein, die bei der Abkühlung von 38° auf 35° vom Instrument abgegeben wird. Ferner muß man die Oberfläche des Instrumentes kennen und schließlich die Abkühlungszeit. Die Division der Wärmemenge durch die Oberfläche ergibt die Abkühlungsgröße F.

Die Bestimmung dieser Größe F haben Hill und seine Mitarbeiter nach zwei Methoden vorgenommen, erstens, indem sie in einem elektrisch beheizten Kaloriemeter die Wärmemenge feststellten, die zum Erwärmen des Instrumentes von 35 auf 38° notwendig war, und zweitens, indem sie die Abkühlungszeit des Katathermometers in ruhender Luft mit der eines Kupfergefäßes von gleichen Abmessungen verglichen. Auf die Einzelheiten soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden; es sei auf die Arbeit Hills (The Katathermometer) und die im Arch. f. Hygiene, Bd. 96, 1925 erschienene Arbeit von Weiß hingewiesen.

Die Abkühlung des Katathermometers hängt wie bei allen Körpern von der spezifischen Wärme und der Masse des Glases und des Alkohols sowie von der Form des Instrumentes ab. Für die kleine Temperaturspanne von 3° kann mit genügender Genauigkeit angenommen werden, daß sie proportional ist der Differenz zwischen der mittleren Temperatur des Instrumentes und der Umgebungstemperatur sowie der Zeit. Es ist also

$$F = c \cdot (36{,}5 - t) \cdot T; \qquad (1)$$

hierin bedeutet t die Umgebungstemperatur und T die Abkühlungszeit in Sekunden; c ist eine Konstante, die abhängig ist von der Oberflächenbeschaffenheit, der Wärme- und Temperaturleitfähigkeit des Materiales, sowie seiner Strahlungskonstanten. Da sich besonders die letzte Größe

mit dem absoluten Wert von t ändert, so ist auch c etwas von diesem Werte abhängig.

Die in 1 Sek. abgegebene Wärmemenge H („Katawert", „Kühlstärke") errechnet sich sehr einfach nach der Formel

$$H = F : T = c\,(36{,}5 - t). \qquad (2)$$

Wenn es gelingt, c empirisch festzustellen, so kann man F nach Formel (1) erheblich einfacher als nach den oben angegebenen Methoden für jedes Instrument ein für allemal bestimmen. Hill und sein Mitarbeiter haben für c die Zahl 0,27 angegeben. Die Bestimmung von F geschieht einfach in der Weise, daß man das zu eichende Katathermometer auf etwa 39—40° erwärmt, es dann in einen Kasten von solchen Abmessungen bringt, daß die Lufttemperatur im Kasten durch die vom Katathermometer abgegebene Wärmemenge nicht wesentlich erhöht wird, und nun durch ein Fenster im Kasten die Zeit beobachtet, welche der obere Miniscus des Alkoholfadens gebraucht, um von der Marke 38 bis 35 zu sinken. Außerdem muß selbstverständlich die Lufttemperatur im Kasten durch ein Thermometer bestimmt werden. Auf diese Weise sind dann alle Faktoren der rechten Seite der Gleichung (1) bekannt, so daß die linke ohne weiteres bestimmbar ist. Die Zahl 0,27 ist naturgemäß nur angenähert richtig, vor allem deshalb, weil der Einfluß der Strahlung von Fall zu Fall wechselt und die Herstellung ganz gleichartiger Instrumente unmöglich ist. Außerdem hängt die Abkühlungszeit in deutlich merkbarer Weise von der Erwärmungsart des Katathermometers ab. Erwärmt man nämlich das kalte Instrument in sehr heißem Wasser, so nimmt der Alkohol sehr schnell die Temperatur von etwa 40° an und steigt in das obere Reservoir auf. Der Stiel des Instrumentes bleibt aber auf einer niederen Temperatur, so daß bei der Abkühlung nicht die ganze im unteren Alkoholreservoir aufgespeicherte Wärme an die Luft abgegeben wird, sondern zum Teil noch zur Erwärmung des Stieles dient. Taucht man dagegen das Instrument in Wasser, das nur wenig über 40° warm ist, so erfolgt die Erwärmung langsamer und das ganze Instrument nimmt eine gleichmäßige Temperatur an. Beim Abkühlen wird dann naturgemäß alle Wärme an die Luft abgegeben. Im ersten Fall wird F etwas zu klein bestimmt. Nach unseren Beobachtungen beträgt der Fehler etwa 5—10%.

Derselbe Fehler macht sich natürlich geltend, wenn bei der Verwendung des Instrumentes nicht ebenfalls für seine gleichmäßige Erwärmung in der ganzen Länge Sorge getragen wird.

Ein theoretischer Einwand gegen das Instrument ist ferner, daß ähnlich wie beim Homöotherm zwischen dem Alkohol und der Außenoberfläche des Instrumentes ein Temperaturgefälle besteht, das allerdings erheblich geringer ist als beim Homöotherm. Zusammen mit den unvermeidlichen subjektiven Beobachtungsfehlern schätzen Hills Mitarbeiter neuerdings den Fehler des Instrumentes auf 20%! Aus einer Reihe von 20 Einzelbeobachtungen mit dem trockenen Katathermometer in ruhender Luft berechneten Heymann und Korff-Petersen eine durchschnittliche Abweichung von 7,7%. Unter diesen Umständen ist es klar, daß, wie auch englische Autoren hervorheben, schon die erste Dezimale keine Sicherheit mehr bietet.

Da bei der Eichung in ruhender Luft der Einfluß der Strahlung sich sehr stark bemerkbar macht, schlägt Weiß vor, die Eichung bei einer Windgeschwindigkeit von 0,8 m/Sek. nach der Formel (3) (s. unten)

vorzunehmen. Bei bewegter Luft tritt nämlich der auf die Strahlung entfallende Teil des Wärmeverlustes gegenüber dem Verluste durch Leitung stark zurück. Diese Art der Eichung ist aber erheblich umständlicher.

Wir möchten noch darauf hinweisen, daß es vielleicht zweckmäßiger wäre, die Abkühlung nicht über den Temperaturbereich 38—35° gehen zu lassen, sondern dafür niedrigere Wärmegrade zu wählen; denn es soll doch die Wärmemenge bestimmt werden, die von einer Fläche abgegeben wird, deren Temperatur der Oberfläche des menschlichen Körpers gleich ist. In den meisten Fällen muß aber als Oberfläche des menschlichen Körpers die Bekleidung angesehen werden, und diese hat eine erheblich niedrigere Temperatur als 36,5°.

Für die Bestimmung der Wärmeabgabe von trockenen Flächen in ruhender Luft wäre übrigens die Benutzung eines Katathermometers gar nicht notwendig; denn sie läßt sich ohne weiteres nach der Formel $H = c\,(36{,}5 - t)$ errechnen, soweit aus der Abkühlung eines Thermometers überhaupt auf die Abkühlung von anderen Körpern geschlossen werden kann. Der Vorzug des Instrumentes besteht vielmehr darin, daß auch der Einfluß der Windgeschwindigkeit und beim feuchten Instrument der der Feuchtigkeit mitgemessen wird.

Für die Bewegung der umgebenden Luft ist das Instrument äußerst empfindlich, so daß es als Anemometer ausgezeichnete Dienste leisten kann, da es bei kleinen Luftgeschwindigkeiten an Genauigkeit die sonst gebräuchlichen Anemometer bei weitem übertrifft und nach den Untersuchungen von Weiß die auf Grund von Katathermometerbeobachtungen errechneten Geschwindigkeiten sehr gut mit der Wirklichkeit übereinstimmen. Weiß legt seinen Beobachtungen die Formel

$$F = (0{,}14 + 0{,}45\,\sqrt{v})\,(36{,}5 - t)\,T \qquad (3)$$

zugrunde, deren Konstanten allerdings nicht unerheblich von den Hillschen abweichen. Zur Begründung dieser Abweichung muß auf die Weißsche Originalarbeit verwiesen werden.

Bei der Bestimmung des Einflusses der durch Verdunstung hervorgebrachten Wärmeabgabe mittels des Katathermometers ist zu bedenken, daß der Fehler des Instrumentes dabei erheblich anwächst, da das Temperaturgefälle zwischen Alkohol und dem feuchten Strumpf sehr vergrößert wird.

Schließlich ist noch zu bemerken, daß alle Formeln nur für einen vom normalen nicht stark abweichenden Barometerstand gelten.

Einige Instrumente verfolgen das Ziel, eine Registrierung der Abkühlungswerte über längere Zeit hin zu ermöglichen. Das erste derartige nach dem Prinzip des Katathermometers gebaute Instrument wurde von Schuster und Bayer im Jahre 1923 (Journ. of Physiol. 57) angegeben. Bei diesem Instrument wird das Katathermometer abwechselnd durch einen im Alkoholgefäß angebrachten elektrischen Heizwiderstand erwärmt und nach selbsttätiger Ausschaltung der Heizung der Abkühlung überlassen. Die Erwärmung und Abkühlung wiederholt sich beim Gebrauch des Instrumentes automatisch. Die Zahl dieser Vorgänge schreibt sich selbsttätig auf, und ebenso wird die Gesamtdauer, die zum Abkühlen notwendig war, in Sekunden automatisch aufgeschrieben. Durch Division der Zeit durch die Zahl der Abkühlungen wird die durchschnittliche Abkühlungszeit für die Beobachtungsdauer erhalten. Hieraus kann die durchschnittliche „Kühlstärke“ abgeleitet werden unter Verwendung einer Instrument-

konstante wie bei einem gewöhnlichen Katathermometer (zit. nach The Katathermometer in studies of body heat and efficiency. London 1923, bearbeitet von Hill und seinen Mitarbeitern).

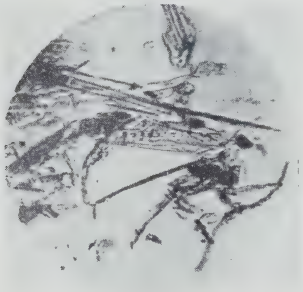
Den Verhältnissen des menschlichen Körpers entspricht es mehr, ein Instrument zu bauen, dessen Oberfläche immer gleich temperiert ist und die Energiemenge zu messen, die notwendig ist, um die Temperatur gleichmäßig zu erhalten. Ein nach diesen Grundsätzen arbeitender Apparat ist wohl zuerst von B. Heymann konstruiert (Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. 46, 1904). Der Apparat besteht aus einem mit Wasser gefüllten Metallzylinder, der durch Gas geheizt wird. Die verbrauchte Gasmenge wird an einer Gasuhr in kurzen Zwischenräumen abgelesen und ebenso wird die Menge der Verbrennungsgase regelmäßig aufgeschrieben. Hieraus läßt sich der Energieverbrauch für die einzelnen Abschnitte der Beobachtungszeit errechnen. Der Apparat erfordert ständige Überwachung und ist daher als Registrierinstrument nicht brauchbar.

Unter Benutzung des gleichen Prinzipes hat Reichenbach (Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. 98, 1922) ein elektrisch beheiztes Instrument konstruiert, dessen Energieverbrauch leicht registriert werden kann. Auch dieser Apparat besteht aus einem zylindrischen Gefäß aus Kupferblech, das mit Öl gefüllt ist. Im Inneren befindet sich ein Heizwiderstand, dem mit Hilfe eines Kontaktthermometers abwechselnd ein Heizstrom, der etwas zu groß ist, um die gewünschte Temperatur zu erhalten, und ein solcher, der hierfür etwas zu klein ist, zugeschickt wird. Die Temperatur des Apparates schwankt daher in engen Grenzen um die Normaltemperatur herum. Die Feststellung des Energieverbrauches geschieht mittels eines registrierenden Wattmeters und wird zur Kontrolle noch mit einem Elektrizitätszähler gemessen. Gleichzeitig kann auch die Windgeschwindigkeit mit dem Instrument aufgeschrieben und so deren Einfluß auf die Abkühlungsgröße festgestellt werden.

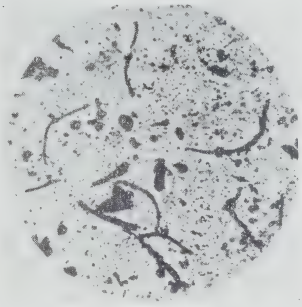
Ein anderes, vom physikalischen Standpunkt aus in einigen Beziehungen besseres, für hygienische Beobachtungen aber weniger zweckmäßiges Instrument haben Thilenius und Dorno im „Davoser Frigorimeter“ konstruiert (Schweizer Zeitschr. für Gesundheitspfl., Jahrg. 5, Heft 2, 1925). Es besteht aus einer geschwärzten, annähernd massiven Kupferkugel, die durch einen im Inneren befindlichen Heizwiderstand auf gleicher Temperatur gehalten wird. Der Apparat ist elektrisch, mit einer Uhr verbunden, die läuft, wenn dem Heizkörper Strom zugeführt wird. Mit Hilfe des für jedes Instrument festzustellenden Abkühlungsfaktors kann man aus dem Quotienten der Heiz- und Ablesezeit den Mittelwert der Abkühlung für einen längeren Zeitabschnitt berechnen. Der Vorzug dieses Instrumentes in physikalischer Hinsicht vor dem Reichenbachschen ist, daß das Temperaturgefälle zwischen dem Heizwiderstand und der Oberfläche wegen der großen Leitfähigkeit der massiven Kupferkugel ein geringeres ist. Der Nachteil besteht darin, daß nur Mittelwerte mit dem Instrument bestimmt werden können, die doch den Hygieniker weniger interessieren als das Verhalten der Abkühlung zu den verschiedenen Zeiten, vor allem die Extreme, wie sie das Reichenbachsche Registrierinstrument erkennen läßt. Es dürfte freilich kaum Schwierigkeiten bieten, auch bei dem Frigorimeter die Registriereinrichtung so umzugestalten, daß auch die Momentanwerte aufgeschrieben werden.

Nach Untersuchungen von B. Heymann und Korff-Petersen lassen sich zweifellos in sehr vielen Fällen Beziehungen zwischen dem

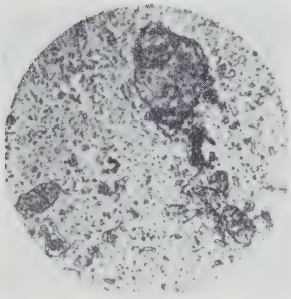
Wohlbefinden der Arbeiter und den Angaben der die Entwärmung messenden Apparate feststellen. Bestimmte Grenzzahlen lassen sich vorläufig noch nicht angeben, jedoch verdienen die dahingehenden Arbeiten fortgeführt zu werden.



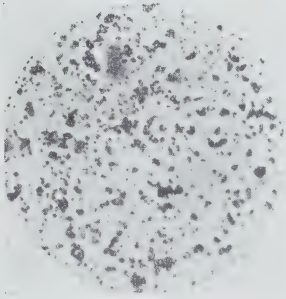
Holzstaub.



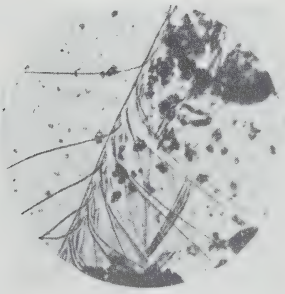
Messingdrehereistaub.



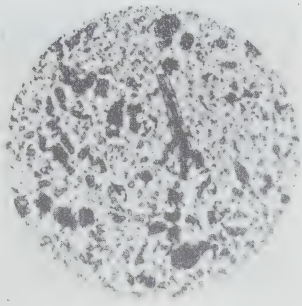
Sandstrahlgebläsestaub.



Thomasschlackestaub.



Hadernstaub.



Messingschleifstaub.

Fig. 2.
(Nach Grotjahn, Soziale Hygiene.)

VIII. Staubeinflüsse.

In sehr vielen gewerblichen Betrieben sind die Arbeiter durch Staubinhalationen gefährdet. Bezüglich der Bestimmung des Staubes verweisen wir auf den Abschnitt „Chemische bakteriologische Luftuntersuchung“,

Bd. 1, S. 684. Zur Ergänzung möchten wir hier einige Mikro-Photographien von typischen Staubarten einfügen (Fig. 2). Hinsichtlich der Prüfung der Entstaubungsanlagen vgl. Abschnitt „Lüftung".

Besondere Aufmerksamkeit ist der Beseitigung giftiger Gase und Staub — insbesondere giftigen Staubs — in den Fabrikräumen zuzuwenden. Soweit es eben nicht möglich ist, diese schädlichen Produkte an der Entstehungsstelle zu erfassen und durch geeignete Vorrichtung den Fabrikräumen überhaupt fernzuhalten, sind bestimmte Filtergeräte zum Schutz der Respirationsorgane im Gebrauch [Engelhardt[1]), Wollin[2])].

Der gewerbliche Atemschutz benutzt geschlossene Sauerstoff- und offene Filtergeräte. Bei den geschlossenen Sauerstoffgeräten wird der Träger von der Außenluft ganz unabhängig gemacht und die Atmung aus einer mitgeführten Sauerstoffflasche gespeist. Bei den Filtergeräten wird die Außenluft in einem Filter gereinigt. Die herkömmlichen Filter zum Abfangen von Staub aus der Luft, sowie die Papierfilter der analytischen Praxis arbeiten rein mechanisch, indem die Teilchen von Filterporen, die kleiner als die Teilchen selbst sein müssen, zurückgehalten werden. Die Anwendung derartiger Staubfilter für den individuellen Atemschutz verbieten sich, weil Gase und Dämpfe überhaupt nicht abgefangen werden können und weil zur Abfangung kolloider Partikel derartig feinporige Filter erforderlich wären, daß sie einen unüberwindlichen Atemwiderstand besäßen und außerdem rasch verstopft würden.

Fig. 3.

Das Material, das zur Herstellung der betreffenden Masken benutzt wird, muß ebenso wie die fertigen Geräte einer eingehenden Prüfung unterzogen werden. Die zur Herstellung der Masken erforderlichen geschmeidigen Materialien, wie gasdichtes Leder, gummierte Stoffe u. dgl., müssen auf Gasdichtigkeit geprüft sein. Hierfür steht eine optische und eine chemische Methode zur Verfügung. Bei der optischen Methode wird das betreffende Material von der einen Seite stark beleuchtet und auf der anderen Seite festgestellt, ob der Lichtschein an gewissen Stellen durchdringen kann oder nicht. Bei der chemischen Prüfung wird auf der einen Seite Luft gegen das zu untersuchende Flächenmaterial gedrückt, die einen Indikatorstoff enthält, und festgestellt, ob dieser Indikatorstoff von der Gasmaske restlos zurückgehalten wird oder an bestimmten Stellen durchdringen kann. Die für die Herstellung der Filter benötigten Metallbüchsen müssen in gleicher Weise auf Gasdichtigkeit geprüft werden. Das Garn und die Bänder für das Kopfbandgestell sind auf Zerreißbarkeit und chemische Widerstandsfähigkeit zu kontrollieren. Dieselben Prüfungen müssen auch nach geeigneter Beanspruchung des Materials, z. B. durch Knicken, Falten usw., einwandfreie Ergebnisse liefern.

Auf die experimentelle Durchführung dieser Prüfungen braucht hier nicht näher eingegangen zu werden, da dieselben in erster Linie Aufgabe der herstellenden Firma sind; wohl aber kann es gelegentlich vorkommen, die von der herstellenden Fabrik angegebenen Prüfungsergebnisse der fertigen Masken zu kontrollieren. Die fertigen Atemschutzgeräte machen eine objektive und eine subjektive Prüfung durch.

Die objektive Prüfung der Masken beruht in erster Linie auf Prüfung der Gasdichtigkeit auf einem Prüfkopf, wie sie bereits oben in der chemischen Methode kurz skizziert ist. Die Filter werden auf ihre Aufnahmefähigkeit derjenigen Giftstoffe geprüft, für die sie bestimmt sind, und zwar so, daß ein den Giftstrom enthaltender Luftstrom hindurchgeschickt und dann festgestellt wird, wie lange das Filter den Giftstoff vollständig aus dem Prüfstrom zu entfernen vermag.

Die subjektive Prüfung geschieht in der Form, wie sie die beigefügte Fig. 3 erkennen läßt. Der Geräteträger befindet sich nicht vollständig,

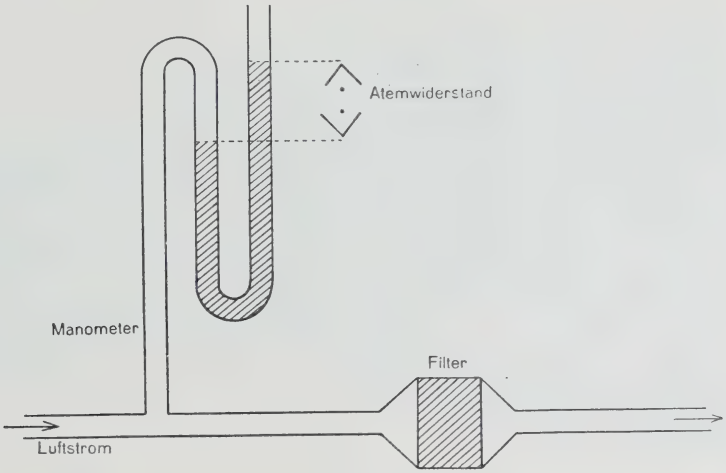


Fig. 4.

sondern lediglich mit dem durch die zu untersuchende Maske geschützten Kopf in einem mit dem Giftstoff angefüllten Kasten. Mit diesen subjektiven Prüfungen wird auch gleichzeitig die praktisch außerordentlich wichtige Frage des Atemwiderstandes der betreffenden Maske berührt. Durch subjektive Versuche wird festgestellt, welchen Atemwiderstand ein bestimmtes Filter haben darf, um keine übergroße Belästigung des Geräteträgers zu verursachen. Dieser so festgelegte vorgeschriebene Atemwiderstand wird dann durch objektive Prüfmethoden laufend kontrolliert. Für die Fabriken hat die laufende Kontrolle des Atemwiderstandes noch die Bedeutung, daß ein von der festgelegten Norm abweichender Atemwiderstand auf Unregelmäßigkeiten im Filtermaterial oder in der Füllweise des Filters hinweist.

Die Methode der objektiven Messung des Atemwiderstandes besteht darin, daß ein Luftstrom von bestimmter Strömungsgeschwindigkeit durch das Filter hindurchgeschickt und mittels eines Manometers die Stauung festgestellt wird, welche durch den Widerstand des Filters vor diesem im Luftstrom entsteht. Der so entstehende Überdruck,

gemessen in Millimeter Wassersäule, ist ein Maß für den sogenannten Atemwiderstand. Die Fig. 4 gibt das Schema der Versuchseinrichtung an.

Für eine laufende Messung des Atemwiderstandes gibt es ein einfaches Gerät, den sogenannten A. W.-Feldprüfer, der die schnelle Erkennung und Aussonderung schwer durchatembarer Einsätze gestattet. Dieses Gerät, das von der Auergesellschaft Berlin hergestellt wird, ist in der Fig. 5 wiedergegeben.

IX. Giftiges Arbeitsmaterial*).

Die Gefährdung der Arbeiter durch giftiges Arbeitsmaterial und Giftgase ist in den verschiedenen Industrien so groß, daß es unmöglich ist, alle vorkommenden Gifte aufzuzählen und ihren Nachweis zu beschreiben. Es kann hier nur eine Auswahl der wichtigsten Gifte behandelt werden. Bei den selten vorkommenden Verbindungen mußten wir uns darauf be-

Fig. 5.

schränken, nur die Grundsätze des Nachweises anzugeben und im übrigen auf die Spezialliteratur zu verweisen, da sonst der Umfang dieses Abschnittes viel zu groß werden würde.

Von den metallischen anorganischen Giften sind hier in erster Linie Blei**) und Quecksilber zu nennen (Analytische Bestimmung s. S. 114 und S. 136). Auf die klinischen Symptome dieser Vergiftungen braucht im allgemeinen im Rahmen dieses Handbuches nicht eingegangen zu werden. Lediglich auf die Bleivergiftungen muß hier hingewiesen werden, weil besondere Methoden für die Feststellungen gerade der Frühsymptome dieser Krankheit in Frage kommen.

*) Um die Wirkung gasförmiger Gifte im Tierexperiment studieren zu können, sind von K. B. Lehmann entsprechende Methoden ausgearbeitet worden. Ihre ausführliche Darstellung, deren Besprechung hier zu weit führen würde, ist zu finden im Handbuch der Hygiene von Rubner, Gruber, Ficker 1919, Bd. IV, Abt. 2, S. 125ff.

**) Vgl. auch das Bleimerkblatt des Reichsgesundheitsamtes.

Als hauptsächlichste Frühsymptome[3,4]) der Bleiwirkung gelten das Kolorit, der Saum, die Basophilie und vermehrtes Hämatoporphyrin im Urin.

a) Das Bleikolorit: Veränderung der gewöhnlichen Gesichtsfarbe in einen gelblich-grauen, blassen, fahlen Farbton. Sichtbare Schleimhäute, insbesondere Augenbindehaut sehr blaß.

b) Der Bleisaum ist als schmale oder bis zu 2 mm und auch breitere schiefergraue bis blauschwarze Färbung der Substanz des Zahnfleischrandes erkennbar. Es ist darauf zu achten, daß braune Auflagerungen oder Färbungen am Zahnhals (Lupe!) nicht mit dem wirklichen Bleisaum verwechselt werden, und es ist zu bedenken, daß ausgiebige Mundhygiene das Auftreten des Bleisaums verhindern oder verzögern kann. Jedenfalls spricht der Bleisaum immer für eine Bleiaufnahme und fehlt sehr selten bei wirklicher Bleivergiftung.

c) Die Basophilie, unter der das Vorkommen basophil gekörnter Erythrozyten zu verstehen ist, kann nach P. Schmidt als wichtiges Kennzeichen für Bleivergiftung gedeutet werden, wenn mehr als 400 gekörnte Erythrozyten auf eine Million gefunden werden (mehr als 4 in 200 Gesichtsfeldern). Allerdings ist nach Schwarz diese Zahl nur approximativ zu verwerten, da Schwankungen in dem Gehalt gekörnter Erythrozyten bis zur Nichtnachweisbarkeit auf der einen Seite und Auftreten derselben bei Einwirkung anderer Gifte usw. auf der anderen Seite vorkommen können. Außerdem erfordern diese Blutuntersuchungen die Beachtung einzelner experimenteller Voraussetzungen, sowie persönliche Übung.

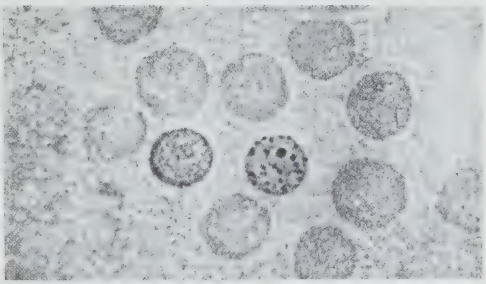


Fig. 6. Typische Basophile (Schwarz.)

Ausführung (nach Schwarz zitiert):

„Von den auf fettfreien Objektträgern sorgfältig angefertigten Blutausstrichen werden zwei mit wirklich absolutem Alkohol 15—20 Minuten oder mit reinem Methylalkohol 3—5 Minuten gehärtet. Weniger stärke Härtung ergibt erhebliche Fehlerquellen. Alsdann wird ein Blutausstrich am besten nach Manson mit Boraxmethylenblau etwa 15 Sekunden orientierend gefärbt. Man verdünnt zu diesem Zweck einige Tropfen der nicht zu alten Mansonstammlösung im Reagenzglas mit destilliertem Wasser, daß die Mischung, gegen das Licht gehalten, eben durchsichtig ist. Hat der Blutausstrich eine geeignete Farbeintensität, so daß die Erythrozyten grünlichblau erscheinen und etwaige gekörnte Erythrozyten deutlich in Erscheinung treten, was bei tiefblauer Färbung der Leukozytenkerne der Fall ist, so kann die Durchmusterung an 100 Gesichtsfeldern auf gekörnte Erythrozyten vorgenommen werden. Anderenfalls ist der zweite gehärtete Ausstrich je nach Färbekraft der Boraxmethylenblaulösung kürzer oder länger zu färben. Zur Verdünnung des Boraxmethylenblaus und zum Abspülen der Farbelösung von den Objektträgern benutzt man am besten ausgekochtes, praktisch kohlensäurefreies, destilliertes Wasser; die Färbekraft wird dadurch etwas gleichmäßiger und das Ablösen der Blutschicht von dem Objektträger, wie es bei Benutzung von kohlensäurereichem destilliertem Wasser bei kurz gehärteten Präparaten öfters vorkommt, wird vermieden.

Die Mansonlösung hat den Nachteil, daß sie sich nur beschränkte Zeit hält. Sie wird bekanntlich hergestellt, indem man 5 g Borax in destilliertem Wasser aufkocht und die heiße Boraxlösung auf 2 g Methylenblau einwirken läßt. Der Borax kann in unserem Klima allmählich auskristallisieren, das Methylenblau verändert sich infolge der Alkalieinwirkung; so ist die Färbekraft der Mansonlösung je nach Alter recht verschieden.

Eigene Versuche, die sehr brauchbare Kombination von Methylenblau mit Borax konstant zu gestalten, haben zu einem positiven Ergebnis geführt. Man stellt eine 2%ige Borsäurelösung her, gibt zu 100 ccm 1 g Methylenblau. Von dieser Lösung versetzt man unter Benutzung von Lamprechts Tropfglas TK 6 Tropfen mit 8 Tropfen 0,28%iger Natronlauge in einem Meßzylinder, schüttelt gut durch, füllt auf 10 ccm mit abgekochtem destillierten Wasser auf, färbt dann den gehärteten Blutausstrich 5 Sekunden. Soweit unsere bisherigen Erfahrungen reichen, hält sich die Borsäuremethylenblaulösung konstant und gibt in der angegebenen Weise, kurz vor dem Gebrauch mit Alkali versetzt, eine recht gleichmäßige Färbung. Dicke Tropfen, die sich erfahrenen Untersuchern zur orientierenden Schnelldiagnose auf Basophilie bewährt haben und von mir für Massenuntersuchungen zur Ausscheidung der Unverdächtigen eingeführt sind, werden ohne vorherige Härtung 5 Minuten mit der verbesserten Mansonlösung gefärbt."

„Die Beurteilung der als gekörnt anzusprechenden Erythrozyten ist auch bei gehärteten Präparaten manchmal recht schwierig. Dies hängt mit der Entstehungsart der gekörnten Erythrozyten zusammen. P. Schmidt konnte im Dunkelfeld fließende Übergänge von den polychromatischen Erythrozyten zu den basophil gekörnten feststellen. Trautmann läßt feinste Körnelung, wie man sie bei metachromatischen Zellen findet, unbeachtet. Nach Ansicht von P. Schmidt sind Erythrozyten mit klar im Bilde differenzierten einzelnen Körnchen noch mitzurechnen. Wir in Hamburg teilen die gekörnten Erythrozyten in drei Gruppen ein: 1. sehr grobe, 2. gröbere gekörnte, 3. feinst gekörnte. Die erste Gruppe bezeichnen wir für unseren Laboratoriumsbetrieb als typisch, ohne damit behaupten zu wollen, daß sie immer für Bleieinwirkung typisch sind, immerhin sind wir wohl berechtigt, eine Bleieinwirkung anzunehmen, wenn wir derartig stark granulierte Erythrozyten bei Bleiarbeitern in großer Zahl antreffen. Finden wir aber gröber granulierte Erythrozyten, so muß man in der Beurteilung schon etwas vorsichtiger sein, denn wir haben sie, insbesondere bei kurzer Härtung, mit 96%igem Alkohol auch bei vielen Gesunden mehr oder weniger zahlreich nachweisen können. Die feinst granulierten Erythrozyten haben wir wegen der Unsicherheit der Beurteilung bei der zahlenmäßigen Auswertung der Blutausstriche im allgemeinen nicht mitgerechnet.

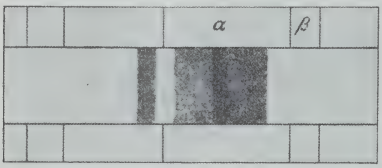


Fig. 7. Absorptionsspektrum des Hämatoporphyrin.

Die Beurteilung des dicken Tropfens*) ist Sache der praktischen Erfahrung. Wenn man nicht gleich im ersten Gesichtsfeld reichliche Reste basophil gekörnter Erythrozyten findet, so empfiehlt es sich, etwa 10—20 Gesichtsfelder durchzumustern. In vielen Präparaten wird man keine oder nur sehr wenige Reste finden, so daß man sie nicht als verdächtig ansehen wird, denn sie entstammen den metachromatischen und den wenigen basophil gekörnten Erythrozyten, die auch im Blut gesunder Menschen vorkommen. In anderen Fällen findet man so viele Reste, daß man sie als verdächtig oder als positiv bezeichnen kann und später im Ausstrich zahlenmäßig auswertet. Die dicke Tropfenmethode soll, wie ausdrücklich nochmals hervorgehoben wird, nur zur orientierenden Schnelldiagnose in der Sprechstunde oder zur Ausscheidung der sicher negativen bei Massenuntersuchungen dienen.

Die approximative Verwertung der von P. Schmidt festgestellten Grenzzahl gibt uns bei Berücksichtigung der bekannten Fehlerquellen sehr wertvolle Anhaltspunkte für die Frühdiagnose auf Bleiwirkung."

d) Hämatoporphyrin: Vermehrtes Hämatoporphyrin (physiologische Grenze nach Günther 0,4 mg in 1 l) ist (nach Stockvis, Teleky, Schmidt, Schwarz u. a.) ein sehr wichtiges Frühsymptom für Bleiwirkung. Bei der Ausführung des Nachweises bedient man sich der Vorschrift nach Garrod.

1. 500 ccm Urin werden im Meßzylinder mit 100 ccm 10%igem NaOH versetzt und durchgerührt.
2. Nach Absitzen erfolgt Abhebern der überstehenden Flüssigkeit, Auffüllen mit Aqua dest., erneutes Absitzenlassen, Filtration.
3. Filterrückstand wird aufgenommen mit 5%igem Salzsäurealkohol.

*) Färbung wie Blutausstrich.

4. Erneute Filtration, Waschen des Filterrückstandes mit 5%igem Salzsäurealkohol, bis das Filtrat 10 ccm ergibt.
5. Spektroskopie des Filtrates in geeigneter Küvette in etwa 5 cm Schichtdicke. Auftreten von Absorptionsstreifen in Orange und Grün zeigt Hämatoporphyrin an.
6. So lange mit 2%igem Salzsäurealkohol verdünnen, bis die Streifen verschwinden. Ist der Streifen in Grün bei einer Verdünnung von 10 ccm ursprünglichen Filtrates + 40 ccm salzsaurem Alkohol noch vorhanden, so ist Bleiwirkung anzunehmen.

Vorprobe nach Günther: 10 ccm eventuell filtrierter Urin werden im Reagenzglase mit etwas HCl versetzt und gemischt. Nach einiger Zeit wird spektroskopiert. Nur bei vermehrtem Hämatoporphyringehalt (über 0,4 mg im Liter) tritt in der 5 cm-Schicht der Absorptionsstreifen in Grün auf.

Bei der Auswertung der nach diesen 4 Methoden gewonnenen Resultate darf man mit den Spezialforschern annehmen, daß ein negativer Befund (insgesamt negativ) mit Sicherheit gegen eine Bleiwirkung spricht.

Auf andere Symptome, die wie z. B. veränderter Hämoglobingehalt oder erhöhter Blutdruck noch weniger spezifisch sind, sowie auf die Spätsymptome (Tremor, Paresen, nervöse Verdauungsstörungen usw.) kann hier nicht näher eingegangen werden.

Von anderen Metallen, welche selbst oder in ihren Verbindungen gewerbehygienische Bedeutung besitzen, sind anzuführen: Barium. Kalzium, Chrom, Kalium, Kobalt, Kupfer, Mangan, Natrium, Nickel, Osmium, Silber, Vanadium und Zink. Die quantitative Bestimmung dieser Metalle wird zum Teil in Bd. 1, S. 856ff., zum Teil in diesem Band bei den Gebrauchsgegenständen besprochen. Von denjenigen Metallen, welche zwar weder selbst noch in ihren Verbindungen gewerbehygienische Bedeutung besitzen, von denen aber einige durch schädliche Nebenprodukte oder bei der Verarbeitung nötige Gifte bzw. durch ihre Verunreinigung usw. gewerbliche Schädigungen bewirken können, wären zu erwähnen: Aluminium, Kadmium, Eisen, Uran und Zinn. Methoden für den qualitativen und quantitativen Nachweis dieser Elemente sind ebenfalls zum Teil in Bd. 1 im Abschnitt „Wasser", zum Teil wieder in diesem Bande im Abschnitt „Gebrauchsgegenstände" nachzuschlagen.

Im folgenden wird der Nachweis der wichtigsten anorganischen und organischen Gifte von gewerbehygienischer Bedeutung, deren Hauptvertreter in den nachstehenden Tabellen aufgeführt sind, besprochen*).

(Siehe die Tabellen S. 84.)

a) Anorganische, nichtmetallische Gifte.

1. Sauerstoff und Ozon (s. Bd. 1, S. 692, resp. S. 705).

2. Ammoniak (s. Bd. 1, S. 706).

3. Chlor, Brom und Jod.

Abgesehen von den bereits im 1. Bande mitgeteilten Bestimmungen dieser Elemente seien hier noch einige weitere Reaktionen besprochen.

Ein empfindlicher Chlornachweis ist mit Hilfe des Orthotolidin [(2)—Diamidometa—(2)—Dimethyldiphenyl] zu führen. Zur Herstellung des Reagenzes löst man etwa 1 g davon in 100 ccm 10%iger Salzsäure. Bei Chlor-

*) Es sind hierfür in vielen Fällen die Angaben von K. B. Lehmann in Lunge-Berl, Chem. techn. Unters.-Methoden 1921, Bd. 1, S. 647 benutzt worden.

Tabelle 2*).

Vergleichstabelle über die Schädlichkeit giftiger Gase, größtenteils nach Untersuchungen von K. B. Lehmann und seinen Schülern an Katzen.

Alle Dosen bedeuten Milligramm in 1 l**).

	Rasch tötend oder sehr schwergefährdend	In ½–1 Std. sofort oder später gefährlich bis tödlich	½–1 Std. ohne sofortige oder spätere ernstere Folgen	6 Std. ohne wesentliche Symptome (ohne Gewöhnung)	1 Monat ohne Schaden (größtenteils nach Ronzani)
Salpetersäure und salpetrige Säure	ca. 8,0 u. wen.	0,5–1,0	0,2–0,3	0,03–0,05	0,1
Salzsäure	ca. 7 u. wen.	1–2	0,2–0,4	0,1–0,15	—
Schweflige Säure	3–5	1,4–1,7	0,2–0,6	0,04–0,06	0,1
Ammoniak	ca. 5–10	2–4	1,0	0,3	—
Chlor	ca. 2,5	0,1–0,15	0,01	0,003–0,006	0,005
Brom	5,5	0,22–0,33	0,022	0,007–0,014	—
Schwefelwasserstoff	1,8–3,6	0,7–1,2	0,4–0,6	0,1	—
Phosphorwasserstoff	—	0,06 u. wen.	unter 0,01	unter 0,004	—
Arsenwasserstoff	—	0,15	0,06	unter 0,03	—
Kohlenoxyd	—	2,0	0,5–0,8	0,4	—
Kohlensäure	150–200	90–120	60–70	30–45	—
Schwefelkohlenstoff	—	6–10	1,5	0,6	—
Blausäure	0,2–0,3	0,12–0,15	0,05–0,06	0,02–0,04	—
Anilin	—	ca. 2	0,6	0,2–0,3	—
Nitrobenzol	—	—	—	0,5	—
Benzylchlorid	—	ca. 1–2	ca. 0,4–0,6	0,1–0,2	—
Phosphortrichlorid	—	0,3 u. wen.	0,01–0,02	0,004	—
Formaldehyd	—	2–4	ca. 0,5	unter 0,1	—
Azetaldehyd	—	10–20	ca. 1,0	0,5	—
Benzaldehyd	—	—	3–5	—	—
Akrolein	—	0,2	ca. 0,02	0,01	—
Amylazetat	—	—	ca. 20,0	5,0	—
Phosgen ($COCl_2$)	2,5	0,36	—	—	—
Terpentinöl	—	16	4–6	2–3	—

Tabelle 3*).

Vergleichstabelle über die narkotische Wirkung einiger giftiger Gase und Dämpfe auf Katzen.

Alle Dosen bedeuten Milligramm in 1 l.

	Binnen 5–10 Min. Liegenbleiben	Nach ½–1 Std. Liegenbleiben oder Krämpfe	Nach ½–1 Std. ohne Schwanken ertragen	6 Std. ohne nennenswerte Symptome
Leichtbenzin	100	70–90	10–30	10
Handelsbenzol	50	20–30	10	5–10
Chloroform	80–180	30–45	10–15	5–8
Tetrachlorkohlenstoff	150–200	60–80	20	10–15
Tetrachloräthan	30–60	ca. 10	5	10
Schwefelkohlenstoff	—	7–10	3–5	1,2

*) Beide Tabellen sind entnommen aus Lehmann, Gewerbehygiene (Handb. d. Hyg., Rubner-Gruber-Ficker) 1919.

**) Die Zahlen geben nur eine Orientierung. Die Dosis für die rasche Tötung ist zu wenig untersucht.

gegenwart tritt innerhalb 5 Minuten eine gelbe bis grüne Farbe auf. Die Reaktion kann zur kolorimetrischen Bestimmung von Chlor benutzt werden.

Den Nachweis von Bromdämpfen führt man am besten nach Guareschi[5]). Zu diesem Zweck leitet man die Luft über Papier, das entweder mit Fuchsin- oder Hoffmannsviolettlösung getränkt ist, die vorher durch SO_2 entfärbt sein muß. Mit dieser Methode, bei der eine Blaufärbung der fuchsinschwefligen Säure eintritt, läßt sich das Brom auch bei Gegenwart von viel Chlor und Jod nachweisen.

Handelt es sich um organische bromhaltige Dämpfe, so leitet man die Luft erst durch eine Vorlage, die etwa 10 ccm gesättigte Chromsäurelösung enthält und schwach erwärmt ist. Zwischen die Chromsäure und das Reagenzpapier soll dann noch ein leeres U-Rohr eingeschaltet werden.

Zur Bestimmung der Joddämpfe absorbiert man dieselben in Jodkaliumlösung. Rücktitration mit Natriumthiosulfat: 1 ccm $\frac{1}{10}$-Natriumthiosulfat = 12,692 mg Jod (s. auch Jodometrie, Bd 1, S. 316).

4. Salzsäure.

Zur Bestimmung von Salzsäure in der Luft leitet man dieselbe durch ein Absorptionsgefäß, das mit einer bestimmten Menge 5—10%iger Natronlauge, die frei von Natriumchlorid sein muß, gefüllt ist. Nach Durchleitung von etwa 50 l Luft titriert man das Chlor nach der Volhardschen Methode (näheres s. Bd. 1, S. 313, a).

Sind Mischungen von Chlor und Salzsäure zu untersuchen, so verfährt man so, daß man in einem Teile des Gases mit Jodkalium das Chlor freimacht und titriert und daß man einen anderen Teil durch Natronlauge leitet. Man erhält so im zweiten Falle eine Mischung von Natriumchlorid und unterchlorigsaurem Natrium. Durch Übersättigen mit schwefliger Säure und Zugabe von Salpetersäure, wodurch die überschüssige schweflige Säure oxydiert wird, erhält man Natriumchloridlösung, aus der man in bekannter Weise das gesamte Chlor berechnet. Die Differenz der beiden Bestimmungen ist dann in Salzsäure umzurechnen.

5. Salpetersäure und salpetrige Säure (s. Bd. 1, S. 707).

6. Fluorwasserstoff.

Handelt es sich um etwas größere Fluorwasserstoffmengen, so kann man sie in Kalilauge auffangen und nach Aufkochen mit Phenolphthalein als Indikator titrieren (Zellner, Chem. Ztg. 19, 1143, s. auch Treadwell, Quant. Analyse, 1921, S. 503). Zur Bestimmung von Flußsäurespuren, wie sie in der Nähe von chemischen Fabriken vorkommen (s. H. Wislicenus Z. f. angew. Chem. 14, S. 705).

7. Phosgen (Chlorkohlenoxyd).

1. Klink und Schmutz (Chem. Zentralbl. 1919, 4, S. 257) bestimmen das Phosgen durch Absorption in gesättigtem Anilinwasser, wobei sich Kristallnadeln von Diphenylharnstoffen bilden. Der entstehende Niederschlag wird mit Wasser (50—70 ccm) ausgewaschen und bei 70° getrocknet.

2. Zur Bestimmung des Phosgens in Abgasen benutzt man am besten die Methode nach Delepine (Chem. Zentralbl. 1920, 4, S. 112). Zu diesem Zweck leitet man die zu untersuchenden Gase durch eine Vorlage,

die 10 ccm folgender Lösung enthält: 10 ccm $\frac{n}{1}$-NaOH + 50 ccm Alkohol (95%ig) + 40 ccm Aqua dest. Nach erfolgter Absorption wird unter Zugabe von etwas Essigsäure zur Trockne gedampft und das Chlor des Phosgens mit Silbernitrat und Kaliumchromat als Indikator in bekannter Weise titriert. Gegebenenfalls muß vor der Titration saures Salz durch Eindampfen mit Wasser zerstört werden.

8. Schwefelsäure.

Zur Bestimmung der Schwefelsäure leitet man die zu untersuchende Luft am besten durch feuchte Watte und bestimmt dann den Säuregrad derselben mit Hilfe von $\frac{1}{10}$-Normal-Natronlauge und Kongo als Indikator. Als gewichtsanalytische Bestimmung kommt die Fällung als Bariumsulfat in Frage.

9. Schweflige Säure (s. Bd. 1, S. 710).

10. Schwefelwasserstoff (s. Bd. 1, S. 711).

11. Arsen (S. 149), Arsenwasserstoff (s. S. 130).

12. Antimon, Antimonwasserstoff (s. S. 127).

13. Phosphor (s. S. 151).

14. Phosphorwasserstoff.

Zur Bestimmung des Phosphorwasserstoffes, dessen außerordentliche Giftigkeit bekannt ist, arbeitet man am besten nach der von K. B. Lehmann und Yokote gegebenen Vorschrift. Möglichst große Luftmengen werden durch Salpetersäure oder durch Bromwasser geleitet und dann die Phosphorsäure darin in üblicher Weise bestimmt (s. Bd. 1, S. 911). Wird Bromwasser verwandt, so soll dasselbe etwa 25 g pro 1 l enthalten. Nach der Absorption des PH_3 wird das Bromwasser bis zur Farblosigkeit gekocht und in einem Teil desselben die Phosphorsäure mit Ammoniummolybdat gefällt und später in phosphorsaure Ammoniakmagnesia verwandelt. In dem anderen Teil wird sofort die Phosphorsäure mit Magnesiamischung gefällt. Bei der Berechnung ist 1 mg $P_2O_5 = 0{,}48$ mg PH_3 (vgl. Arch. f. H. 49, S. 280ff.).

15. Phosphortrichlorid.

Bereits ein Gehalt von 0,3—0,5 mg Phosphortrichlorid pro 1 l Luft ruft schwere Zerstörungen im Tierkörper hervor. Tödlichen Ausgang beobachtet man nach Lehmann und Butjagin beim Tiere bereits bei einem Gehalt von 3,5 mg/l. Zur Absorption der PCl_3-Dämpfe verwendet man am besten eine 20%ige Ätznatronlösung. Nach Beendigung der Absorption wird in der Natronlauge die Chlormenge entweder titrimetrisch nach Volhard (s. Bd. 1, S. 912) oder gewichtsanalytisch bestimmt. Um genaue Resultate zu erhalten, müssen die von Butjagin festgelegten Versuchsbedingungen beachtet werden (vgl. Arch. f. Hyg. 49, S. 308ff.).

16. Kohlenoxyd (s. Bd. 1, S. 707).

17. Kohlendioxyd (s Bd. 1, S. 694).

18. Kohlenoxysulfid.

Die Bestimmung dieses Gases wird am zweckmäßigsten nach Klason ausgeführt[6]). Absorption mittels alkoholischer Kalilauge. Zur Bestim-

mung von Kohlenoxysulfid, Kohlendioxyd und Schwefelwasserstoff arbeitet man nach dem von Treadwell und Meyer gegebenen Vorschriften. Das Prinzip der Methode besteht darin, daß eine abgemessene Gasmenge durch $\frac{1}{10}$-Jodlösung geleitet wird und eine zweite gleich große durch ammoniakalische Kalziumchloridlösung. (Ausführl. Beschr. d. Meth. s. Treadwell, Quantit. Analyse 1921, S. 657.) Stock und Kuss (Ber. Chem. Ges. 50, S. 163), sowie Stock und Seelig (Ber. Chem. Ges. 52, S. 672) benutzen die verschiedenen Absorptionsgeschwindigkeiten von Kohlendioxyd, Kohlenoxysulfid, Schwefelkohlenstoff und Kohlenoxyd in Natronlauge, um diese Stoffe nebeneinander zu bestimmen.

19. Carbonyle.

Nickelcarbonyl $Ni(CO)_4$, Eisencarbonyl $Fe(CO)_5$.

Als Absorptionsmittel für das Eisencarbonyl verwendet man am besten konzentrierte Schwefelsäure, für das Nickelcarbonyl Alkohol oder Benzol. In Alkalien und Säuren ist das Nickelcarbonyl nicht löslich. Zur quantitativen Bestimmung muß das Metallion in der bekannten Weise erfaßt werden (vgl. Nickel, S. 111 und Eisen, Bd. 1, 5, S. 856ff.).

b) Organische Gifte.

1. Zyan (Dizyan und Zyanwasserstoff)*).

Titrierbare Mengen von Blausäure werden in der Luft äußerst selten gefunden. Nach Versuchen von Lehmann kann man sie quantitativ in Natronlauge absorbieren**). Zur Bestimmung säuert man die Vorlage unter Zusatz von einer Spur Luteol schwach mit Schwefelsäure an, gibt eine Messerspitze Kreide, einige Tropfen Kaliummonochromat und dann Silberlösung hinzu, bis eine bräunliche Färbung entsteht. 1 ccm $\frac{1}{10}$-Silbernitrat = 2,705 mg HCN.

Will man jodometrisch arbeiten, so muß die Vorlage auf neutrale Reaktion eingestellt werden, die sich durch schwaches Ansäuern mit Schwefelsäure und Zusatz von Kreide leicht herstellen läßt. Nach Zugabe einiger Tropfen Stärkelösung wird Jod bis zum Überschuß zugegeben. 1 ccm $\frac{1}{100}$-Jodlösung = 1,351 mg HCN.

Ist lediglich eine Untersuchung auf Zyangas ohne Zyanwasserstoff erforderlich, so verfährt man ebenso. 1 ccm $\frac{1}{10}$-Silberlösung = 5,2 mg Zyangas (vgl. J. L. Burckhardt, A. H. 79, 1).

2. Schwefelkohlenstoff.

Das empfindlichste Reagens auf Schwefelkohlenstoff ist sicherlich der Geruch. Zur quantitativen Bestimmung empfiehlt K. B. Lehmann (vgl. Arch. f. Hyg., Bd. 20) die Methode nach Gastine. Hierbei wird Schwefelkohlenstoff in einer starken Lösung von Kali in 96%igem Alkohol in geeignetem Absorptionsgefäß gebunden. Nach beendigter Absorption gießt man den Inhalt des Gefäßes aus, spült dasselbe mit einer Wasser-Alkoholmischung nach, vereinigt die beiden Mischungen, säuert mit etwas Essigsäure an und neutralisiert durch Zugabe von Kalziumkarbonat. So-

*) Vgl. auch die ausführlich beschriebenen Bestimmungsformen in Gadamer, Toxikologie, S. 267.

**) Über Absorptionsgefäße s. Bd. 1, S. 690ff.

dann wird Stärkelösung hinzugegeben und etwa so viel Wasser, als man alkoholische Kalilauge verwendet hatte. Bei der nun anschließenden Titration verwendet man eine Jodlösung von 1,667 g pro Liter und läßt diese so lange zufließen, bis schwache Blaufärbung eingetreten ist.

Je 1 ccm verbrauchter Jodlösung entspricht dann 1 mg Schwefelkohlenstoff.

Eine andere Bestimmungsform ist die nach Schmitz-Dumont[7]). Hier wird der Schwefelkohlenstoffdampf durch eine auf 60° erwärmte Vorlage geleitet, die 50 ccm Silbernitratlösung (5%ig) und 5 ccm Anilin enthält. Das sich dabei bildende Schwefelsilber muß dann abfiltriert und nach der Soda-Salpeterschmelze die Schwefelsäure als Sulfat bestimmt werden.

3. Merkaptan.

Eine quantitative Bestimmung dieser Körper in der Luft ist recht mühevoll und wenig befriedigend. Am besten bedient man sich der Vorschriften, die Rubner[8]) gegeben hat. Das Prinzip der Methode ist folgendes: Auffangen der Gase, welche Schwefelwasserstoff und Merkaptan enthalten, in $Hg(CN)_2$, Zerlegen des Niederschlages mit Salzsäure und Einleiten des freigemachten Merkaptans in 3%ige Bleilösung (Bleiessig oder Bleizucker). In dem hierbei ausfallenden Bleimerkaptan wird der Bleigehalt bestimmt (s. S. 114).

Man erhält aber nur brauchbare Resultate, wenn man die von Rubner angegebenen ganz bestimmten Bedingungen beim Verlauf der Reaktion innehält, auf die hier einzugehen zu weit führen würde.

Zum qualitativen Merkaptannachweis benutzt man nach Rubner am besten die Reaktion mit Isatinschwefelsäure. Zu diesem Zweck wird die zu untersuchende Luft über Kalziumchlorid getrocknet und dann durch Röhrchen geleitet, in denen sich mit Isatinschwefelsäure befeuchtete Tonstückchen befinden. Bei Anwesenheit von Merkaptanen zeigen diese Tonstückchen zunächst eine grasgrüne Färbung, die dann in blaugrau übergeht. Zur Herstellung der Isatinschwefelsäure verfährt man am besten so, daß man im Mörser sehr fein zerriebenes Isatin in konzentrierter Schwefelsäure löst.

4. Formaldehyd.

Zur Bestimmung von Formaldehyddämpfen in Luft bedient man sich am besten der Romjinschen Methode, und zwar in der Modifizierung nach Iwanoff. Man leitet zu diesem Zweck die zu untersuchende Luft durch fünf hintereinander geschaltete Röhrchen mit Wasser. Nach dem Zusammengießen der einzelnen Lösungen gibt man $\frac{n}{10}$-Jodlösung im Überschuß hinzu und dann tropfenweise Natronlauge bis zum Auftreten einer bräunlich-gelben Färbung. Sollte die Färbung nach kurzem Stehen verschwinden, so muß tropfenweise verdünnte Schwefelsäure hinzugegeben werden, bis die Gelbfärbung wieder auftritt und etwa eine Stunde lang bestehen bleibt. Dann gibt man nochmals Schwefelsäure hinzu, läßt ¼ Stunde lang stehen und titriert mit Natriumthiosulfat. 1 ccm $\frac{1}{10}$-Jodlösung = 1,5 mg Formaldehyd[9, 10]).

Muß Formalin bei Gegenwart von Azeton bestimmt werden, so arbeitet man nach Angaben von Boes und Weyland (Hyg. R. 25, S. 657).

5. Azetaldehyd.

Nach Angaben von Lehmann und Iwanoff ist die Methode nach Ripper zu empfehlen. Das Prinzip der Methode besteht darin, daß man den Azetaldehyd in mehreren hintereinandergeschalteten Wasservorlagen auffängt und dann zu der Gesamtlösung bis zu 50 ccm titrierte $NaHSO_3$-Lösung zugibt, dann ½ Stunde stehen läßt und jodometrisch das nicht umgesetzte Bisulfit zurücktitriert.

Die Bisulfitlösung soll pro Kubikzentimeter 2,366 mg $NaHSO_3$ enthalten, was dann 0,46 ccm $\frac{1}{10}$-Jodlösung = 1 mg Azetaldehyd entspricht.

6. Azeton.

Nach Lehmann und Spatz ist die von Elliot und Dalton angegebene Azetonbestimmungsmethode gut verwendbar. Als Vorlage muß ein Absorptionsgefäß verwendet werden, in dem sich 25 ccm $\frac{1}{10}$-Jodlösung und 5 ccm 20%ige Natronlauge befinden. Zur Bestimmung wird die Vorlage mit doppelt normaler Salzsäure angesäuert und das überschüssige Jod zurücktitriert. 1 ccm $\frac{1}{10}$-Jod = 0,964 mg Azeton.

7. Äther.

In einem abgeschlossenen Luftvolumen wird nach Absorption des darin enthaltenen Ätherdampfes durch Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,84 innerhalb 30 Minuten zur volumetrischen Bestimmung geschritten [11, 12]). (Angaben über die Ausführung gasvolumetrischer Bestimmungen s. Bd. 1, S. 686ff.)

8. Chloroform.

Nach Lehmann und Hasegawa lassen sich Chloroformdämpfe in der Luft folgendermaßen bestimmen: Man leitet die zu untersuchende Luft in langsamem Strome durch eine mit Kältemischung gekühlte Vorlage von etwa 200 g absoluten Alkohol. Nach Zugabe von etwa 8 g metallischen Natriums, wenn die Absorption beendet ist, wird am Rückflußkühler erhitzt, und zwar für etwa 10 Stunden. Nach Versetzen des Alkohols mit der gleichen Wassermenge und anschließender Neutralisation wird mit Silbernitrat das nun in der Lösung enthaltene Chlor titriert.

(Vgl. auch die Arbeiten von Nicloux, Compt. rend. 142, 163ff. und Vernon Harcourt, J. Chem. Soc. 75, S. 1060.)

9. Ameisensäure und Essigsäure.

Auffangen der beiden Säuren in Wasservorlage. Titration mit $\frac{1}{10}$- resp. $\frac{1}{100}$-Alkali.

Eine quantitative Trennung von Ameisensäure und Essigsäure kann auf ihr verschiedenes Verhalten gegen Chromsäure begründet werden. Kocht man die Säurelösung mit einer gemessenen im Überschuß angewandten Menge von $\frac{n}{10}$-Kaliumbichromat und verdünnter Schwefelsäure am Rückflußkühler etwa 1 Stunde lang, so wird die Ameisensäure oxydiert. Der Überschuß von Kaliumbichromat kann nach Zusatz von Jodkalium mit Natriumthiosulfat zurückgemessen werden. Essigsäure wird durch Bichromat nicht oxydiert. Die Trennung erfolgt also derart, daß man in einem aliquoten Teil der Lösung die Gesamtazidität und in einem anderen die Ameisensäuremenge feststellt.

10. Akrolein.

Qualitativer Nachweis: Lewinsche Reaktion. Man gibt zu der zu untersuchenden Lösung Piperidin und einige Tropfen frisch bereiteter Nitroprossidnatriumlösung. Bei Gegenwart von Akrolein entsteht je nach der vorhandenen Menge eine grüne bis dunkelblaue Färbung. Zur direkten kolorimetrischen Bestimmung des Akrolein eignet sich nach Iwanoff diese Reaktion nicht.

Quantitative Bestimmung: Um das Akrolein aus der Luft absorbieren zu können, füllt man fünf hintereinandergeschaltete Absorptionsgläser mit 96%igem Alkohol (je 20 ccm). Dadurch wird erreicht, daß das absorbierte Akrolein von der Oxydation unter dem Einfluß des Luftstromes geschützt wird. Nach dem Durchsaugen wird der Inhalt sämtlicher absorbierender Röhrchen in eine Flasche von 600—800 ccm Inhalt mit eingeschliffenem Glasstopfen gegossen. Dann wird so viel Wasser hinzugefügt, daß der Alkoholgehalt der Mischung 40% nicht übersteigt. Schließlich gibt man dazu die nötige Menge von titrierter Natriumbisulfitlauge. Die Einzelheiten der Bestimmung, die zur Erzielung brauchbarer Resultate genau beachtet werden müssen, sind in der Arbeit von Iwanoff, Arch. f. Hyg. 73, S. 328—331 zu finden.

11. Methylalkohol[13]).

Zur quantitativen Bestimmung des Methylalkohols eignet sich die Titration nach Lockemann und Croner mit saurer oder alkalischer Permanganatlösung. Dazu benötigt man folgende Lösungen:

1. alkalische ½ normale Permanganatlösung: 15,82 g kristallisiertes $KMnO_4$ mit destilliertem Wasser unter Zusatz von 40 g Natriumhydroxyd zu 1 l gelöst;

2. saure ½ normale Permanganatlösung: 15,82 g kristallisiertes $KMnO_4$ unter Zusatz von 40 g kristallisierter Phosphorsäure zu 1 l gelöst;

3. ½ normale Oxalsäurelösung: 31,51 kristallisierte Oxalsäure mit destilliertem Wasser unter Zusatz von 75 ccm konzentrierter Schwefelsäure zu 1 l gelöst.

Die zu untersuchende Lösung wird mit überschüssiger Permanganatlösung etwa 20 Minuten im Wasserbad gekocht, mit Oxalsäure versetzt und mit Permanganat zurücktitriert. 1 ccm $\frac{n}{2}$-Permanganatlösung = 2,67 mg Methylalkohol.

Diese Methode eignet sich auch zur Bestimmung von Formaldehyd. Hier entspricht 1 ccm der Lösung = 3,75 mg Formaldehyd.

Um Formaldehyd und Methylalkohol nebeneinander bestimmen zu können, bediene man sich der von Lockemann und Croner in der zitierten Arbeit S. 264 angegebenen Hinweise.

12. Äthylalkohol.

Die Nachprüfungen von Lehmann und Spatz haben ergeben, daß die Alkoholbestimmung nach Dalton und Elliot[14]) brauchbare Resultate liefert. Man saugt zu diesem Zweck die zu untersuchende Luft durch eine Vorlage, die 25 ccm der folgenden Lösung enthält (Lösung: 100 ccm $\frac{n}{2}$-$K_2Cr_2O_7$ und 100 ccm konzentrierter Schwefelsäure + 50 ccm Wasser). Nach beendeter Absorption werden etwa 45 ccm Wasser zugegeben, 15 Mi-

nuten lang am Rückflußkühler gekocht und nach dem Abkühlen auf 300 ccm aufgefüllt. Dann gibt man 2 g Jodnatrium hinzu und titriert das freiwerdende Jod mit $\frac{1}{10}$-Natriumthiosulfatlösung unter Verwendung von Stärkelösung als Indikator. Die Differenz der Thiosulfatmenge, die vor und nach der Alkoholeinwirkung von dem von der Chromsäure in Freiheit gesetzten Jod verbraucht wird, multipliziert mit 1,15, gibt den Alkohl in Milligramm.

13. Azetylen.

Qualitative Reaktion nach Lehmann-Ilosvay (Ber. d. D. Chem. Ges. 32, S. 2697). Überleiten der zu untersuchenden Luft über einen Baumwoll- oder Glaswollpfropfen, der mit folgender Lösung getränkt ist: Man löst in wenig Wasser 1 g kristallisiertes Kupfervitriol, fügt 4 ccm 20%ige Ammoniaklösung und 3 g Hydroxylaminchlorhydrat hinzu und füllt auf 50 ccm auf. Die Lösung ist einige Tage haltbar. Rosa Färbung bis roter Niederschlag bedeutet Azetylengehalt.

Über eine quantitative Ausgestaltung dieser Reaktion s. Willstätter in Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden, Bd. 2, Abschn. „Kalziumkarbid und Azetylen".

Die Trennung von Azetylen kann nach Lebeau-Damiens (Chem. Zentralbl. 1913, Ia, S. 1229) durchgeführt werden. Zur Absorption des Azetylen verwenden die Autoren eine Lösung von 25 g HgJ_2 und 30 g KJ in 100 ccm Wasser. Äthylen wird in einer Lösung von 1 g Vanadinsäure oder 6 g Uranysulfat in 100 ccm konzentrierter Schwefelsäure absorbiert. Die erste Lösung absorbiert das 20fache Volumen Azetylen, die zweite das 150fache Äthylen.

Zur Untersuchung von Schlagwettergemischen kann man sich akustischer, chemischer oder optischer Methoden bedienen. Den ersten Weg verfolgt die Methode nach Haber (Chem. Ztg. 1913, 37, S. 1329), den zweiten die nach Beckmann und Steglich (Chem. Ztg. 1915, S. 39) und den dritten die nach Haber und Löwe (vgl. Z. f. angew. Chem. 1906, 19, S. 1717 und ebenda 1910, 23, S. 1393).

Zur Trennung verschiedener Kohlenwasserstoffe durch fraktionierte Abkühlung und Destillation s. Lebeau, Chem. Zentralbl. 1913, 1, S. 841.

14. Benzol.

Lehmann empfiehlt zur qualitativen und bei größeren Mengen auch zur quantitativen Bestimmung die Methode nach Harbeck und Lunge (Z. f. anorgan. Chem. 16, 26, S. 1898), die bei mäßigem Durchsaugen nach seinen Erfahrungen eine Ausbeute von etwa 95% ergibt. Das Benzol wird in zwei 10-Kugelröhren aufgefangen, die mit einem Gemisch von Nitriersäure (konzentrierter Schwefelsäure und Salpetersäure) beschickt sind. Nach einigen Stunden wird unter Kühlen neutralisiert und mit Äther extrahiert. Das dann im Ätherextrakt enthaltene fast absolut reine Dinitrobenzol wird getrocknet und gewogen. 1 g Dinitrobenzol = 0,4645 g Benzol.

15. Anilin.

Qualitativ: Auffangen in 10%iger Schwefelsäure und Eintauchen eines Fichtenspans. Beim leichten Erwärmen des Spans hoch über einer Flamme färbt er sich bei Anwesenheit von Anilin intensiv gelb (Kontrolluntersuchung mit Schwefelsäure und Fichtenspan allein!).

Eine quantitative Anilinbestimmung in der Luft hat Lehmann angegeben. Nach seiner Vorschrift leitet man die zu untersuchende Luft

durch zwei hintereinandergeschaltete Vorlagen, die 10%igeSchwefelsäure enthalten. Nach Abstumpfen der Säure wird die Vorlage mit Bromlauge titriert, deren Stärke vorher mittels Jodkalium und Natriumthiosulfat ermittelt worden ist. 1 ccm $\frac{n}{10}$-Bromlösung = 1,55 mg Anilin. Die Bromlauge ist eine Lösung von etwa 4 g Brom auf 1 l Wasser, der so viel Natronlauge zugegeben wird, bis die gelbe Farbe verschwindet. Beispiel: 10 ccm Bromlauge verbrauchten bei der Titerstellung angesäuert und mit Jodkalium versetzt 5,95 ccm $\frac{1}{10}$-Natriumthiosulfat zur Sättigung = 5,95 ccm $\frac{n}{10}$-Bromlösung. Dann werden die beiden vereinigten Schwefelsäurevorlagen auf 250 ccm aufgefüllt. 25 ccm davon banden 15,7 ccm Bromlauge, also entsprechen sämtliche 250 ccm:

$$157 \text{ ccm Bromlauge} = \frac{157 \cdot 5{,}95 \cdot 1{,}55}{10} \text{ Anilin.}$$

Folglich waren 145 mg Anilin in der Luft enthalten (entnommen aus Lehmann in Lunge-Berl, Chem.-techn. Unters. 1, S. 657). Nach Lehmann eignet sich diese Methode auch für viel schwächere Anilingehalte.

16. Phenole.

Von Interesse ist nur diejenige Gruppe der Phenole, die mit Wasserdämpfen flüchtig sind. Sie sind durch einen mehr oder weniger intensiven Geruch ausgezeichnet. Hierzu zählen vor allem die Karbolsäure und die Kresole; daneben Guajakol und Kresol, Thymol und die beiden Naphthole. Der Vollständigkeit halber seien die Gruppenreaktionen der Phenole hier aufgeführt*).

1. Millonsche Probe. Man versetzt die auf Phenole zu prüfende, wäßrige Flüssigkeit mit etwa ½ Raumteil Millons Reagens und läßt in der Kälte stehen oder erwärmt. Die Flüssigkeit färbt sich hell- bis dunkelrot. Auch bei vielen anderen aromatischen Stoffen, wie Salizylsäure, p-Oxybenzoesäure, Tyrosin, Phenoläthern, auch Anilin usw. geht diese Reaktion vonstatten. Ihr Zustandekommen scheint jedoch an eine Phenolhydroxylgruppe gebunden zu sein, die entweder von vornherein vorhanden ist oder sich bei der Einwirkung des Reagens bildet.

Andererseits gibt das Millonsche Reagens mit den Polyoxybenzolen nicht die typische Rotfärbung: entweder treten andere Färbungen auf, oder das Reagens wird unter Ausscheidung von metallischem Quecksilber reduziert.

2. Eykmannsche Probe. Die Lösung wird mit einigen Tropfen Spiritus Aetheris nitrosi versetzt und mit konzentrierter Schwefelsäure unterschichtet.

Es entsteht eine meist rot gefärbte Zone.

Die Probe beruht offenbar auf Bildung eines gefärbten Nitrosoproduktes. Ein ähnliches Prinzip liegt folgender Reaktion zugrunde.

3. Liebermanns Probe. Die zu prüfende Substanz wird mit konzentrierter Schwefelsäure und dann mit Liebermanns Reagens**) versetzt.

Es treten intensive Färbungen auf, die bei den einzelnen Phenolen verschiedene Tönungen aufweisen können.

*) Vgl. Gadamer, Toxikologie 1924, S. 311.

**) Liebermanns Reagens: 0,6 g KNO_2 gelöst in 10 g konzentrierter H_2SO_2.

4. Eisenchloridprobe. Die wäßrige Lösung wird mit 1 Tropfen sehr verdünnter Eisenchloridlösung versetzt. Es treten meist charakteristische Färbungen auf: Blau, Violett, Grün, Rot.

Bei einigen Phenolen bleiben die Färbungen in wäßriger Lösung aus. Dies liegt anscheinend an der geringen Löslichkeit der betreffenden Phenole in Wasser (z. B. Thymol). Bei anderen Phenolen sind die zuerst eintretenden Färbungen sehr unbeständig. Hier macht sich die oxydierende Wirkung des Eisenchlorids geltend (m-Kresol, α-Naphthol, β-Naphthol, Guajakol, Hydrochinon).

Andererseits geben viele, im eigentlichen Sinne nicht hierhergehörende Stoffe mit Eisenchlorid in wäßriger Lösung intensive Färbungen (Salizylsäure, Gallussäure, Morphin, Oxychinoline, Antipyrin, Pyramidon usw.).

Alkohol hebt die Phenol-Eisenchloridfärbungen häufig auf; ebenso freie Mineralsäure.

5. Azofarbstoffreaktion. Man fügt zu einigen Kubikzentimetern einer etwa 1%igen Anilinchlorhydratlösung einige Tropfen Salzsäure (25%ig) und nach dem Abkühlen möglichst auf 0° einige Tropfen Natriumnitritlösung (5%ig), macht mit Natronlauge (15%ig) alkalisch und gibt hierzu schnell die schwach alkalisch gemachte Phenollösung.

Es entstehen — bisweilen erst nach einigen Minuten — mehr oder weniger intensive, braun-, scharlach- oder bordeauxrote Färbungen oder Niederschläge; letztere besonders nach dem Ansäuern mit Salzsäure. Auch gewisse Aldehyde (Azetaldehyd) und Ketone (Azeton) geben unter diesen Bedingungen intensive Färbungen.

a) Phenol (Karbolsäure).

Millon: Schön rot (1 : 10000).

Eykmann: Rote Zone (1 : 2000000).

Liebermann: Zuerst braun, dann grün, allmählich blau.

Eisenchlorid: Schön blau (1 : 1000). Die Färbung verschwindet durch Zusatz von Alkohol (Unterschied von Salizylsäure) oder von Säuren (Unterschied von Phenetidin s. Phenetidinreaktion).

Azofarbstoffreaktion: Braungelb, beim Ansäuern mit Salzsäure rote Fällung.

Zur sicheren Identifizierung des Phenols kann folgende Spezialreaktion dienen:

Landoltsche Probe mit Bromwasser. Man versetzt die Flüssigkeit mit Bromwasser bis zur dauernden Gelbfärbung. Es scheidet sich sofort oder nach kurzer Zeit ein gelblichweißer, deutlich kristallinischer Niederschlag von Tribromphenol aus. — Man stelle sich zur mikroskopischen Betrachtung ein Vergleichsobjekt her. Das Tribromphenol löst sich leicht in Alkohol und Alkalien; aus alkalischer Lösung wird es durch Säuren sofort wieder kristallinisch ausgeschieden — Schmelzpunkt 94° — Empfindlichkeit 1 : 40000.

Die übliche quantitative Bestimmung beruht auf der Bildung des praktisch unlöslichen Tribromphenols und kann gewichts- und maßanalytisch ausgeführt werden.

Zur gewichtsanalytischen Bestimmung versetzt man einen aliquoten Teil des Destillationsproduktes mit Bromwasser bis zur bleibenden Gelbfärbung, wobei ein größerer Überschuß zu vermeiden ist, sammelt den Niederschlag auf einem getrockneten und gewogenen Filter und trocknet ihn über Schwefelsäure bis zur Gewichtskonstanz. Durch Multiplikation mit 0,284 gibt das Tribromphenol die äquivalente Menge Karbolsäure.

Der kleine Fehler, der durch Bildung geringer Mengen Tribromphenolbrom entsteht, kann für die vorliegenden Zwecke vernachlässigt werden.

b) Thymol.

Reaktionen:

Millon: schmutzig rote Färbung und Ausscheidung eines flockigen Niederschlages.

Eykmann: Roter Ring.

Liebermann: Zuerst rote, schnell grüne Färbung.

Eisenchlorid erzeugt keine Färbung infolge zu geringer Löslichkeit des Thymols in Wasser. Digeriert man jedoch eine Spur Thymol mit konzentrierter Schwefelsäure, fügt hierzu etwa die zehnfache Menge Wasser und läßt die Mischung mit überschüssigem Bleikarbonat eine Zeitlang bei etwa 40° stehen, so färbt sich das neutrale Filtrat mit etwas Eisenchlorid schön violett [Piriasche Reaktion*)].

Azofarbstoffreaktion: Braunrote Farbe.

Bromwasser erzeugt nur milchige Trübung, keine Kristalle.

Lustgartensche Reaktion: Löst man Thymol in konzentrierter Kalilauge (50%ig), erwärmt etwas und setzt einige Tropfen Chloroform hinzu, so färbt sich die Flüssigkeit schön violettrot.

Konzentrierte Schwefelsäure löst Thymol in der Kälte farblos, beim gelinden Erwärmen mit schön rosenroter Farbe.

c) Naphthole.

1. β-Naphthol.

β-Naphthol ist mit Wasserdampf flüchtig. Es ist in 1000 Teilen kaltem und in 75 Teilen heißem Wasser löslich. Ferner löst es sich leicht in Alkohol, Äther, Chloroform, Alkalien und heißen Ölen. Zur chemischen Identifizierung können folgende Reaktionen dienen:

Millon: Rötlichbraune Färbung und Abschneiden eines flockigen Niederschlages.

Eykmann: Schön grün fluoreszierende Farbzone.

Liebermann: Wenig charakteristische Dunkelbraunfärbung.

Eisenchlorid erzeugt in wässeriger Lösung grünliche Färbung, allmählich Abscheidung weißer Flocken von Dinaphthol; die Piriasche Reaktion (s. Thymol) ergibt schöne Blaufärbung.

Azofarbstoffreaktion: Schön scharlachrote Färbung.

Chlorwasser erzeugt weißen, in Ammoniak farblos löslichen Niederschlag.

Ammoniak oder Alkalilauge löst mit blauer Fluoreszenz. — In etwas konzentrierter Alkalilauge gelöst und mit einigen Tropfen Chloroform versetzt, gibt Naphthol beim Erwärmen schöne Blaufärbung (Lustgarten).

2. α-Naphthol.

Das α-Naphthol ist in Wasser schwer, in Alkohol und Äther leicht löslich. Mit Wasserdämpfen ist es leicht flüchtig.

Millon: Schön scharlachrot schon in der Kälte.

Eykmann: Schwarzgrüner Ring.

Liebermann: Schwarzgrüne Farbe.

Eisenchlorid erzeugt in der wäßrigen Lösung einen weißen Niederschlag von Dinaphthol, der sich bald violett färbt.

Die Piriasche Reaktion ergibt Grünfärbung.

---

*) Ähnlich verhalten sich Karvakrol und Eugenol gegenüber Eisenchlorid.

Azofarbstoffreaktion: Intensiv purpurrot.

Lustgartensche Reaktion (s. β-Naphthol): Blauviolett.

Chlorwasser erzeugt weißen Niederschlag, der sich in Ammoniak bläulich löst (β-Naphthol löst sich farblos).

17. Organische Substanzen in der Luft und ihre quantitative Bestimmung.

Handelt es sich bei der Untersuchung um Substanzen, für die keine spezielle quantitative Bestimmungsmethode bekannt ist, steht aber wenigstens ein geeignetes Absorptionsmittel zur Verfügung (Säure, Lauge, Jodlösung usw.), so kann man aus einer Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl oder aus einer Schwefelbestimmung als Schwefelsäure bestimmte Schlüsse über die vorhandene Menge des betreffenden Stoffes ziehen.

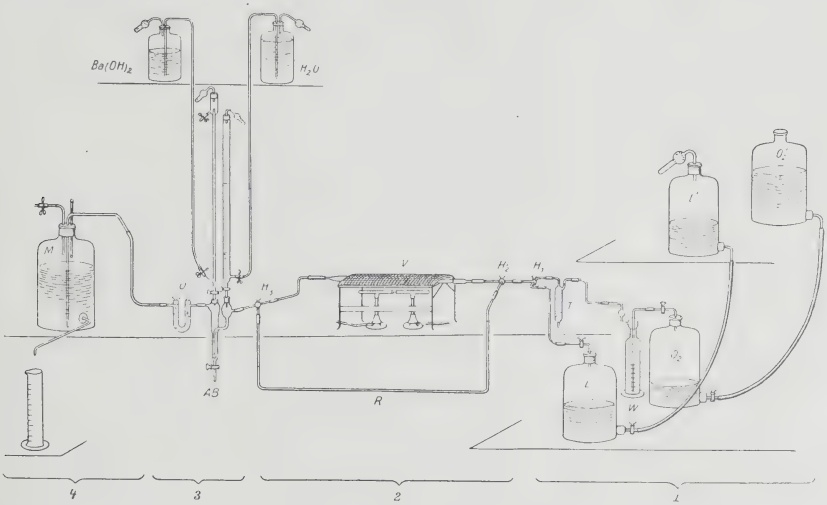


Fig. 8. 1. Vorsatzgefäße für die zu untersuchende Luft und für Sauerstoff. 2. Verbrennungsvorrichtung und Zuleitung für nicht verbrannte Luft. 3. Absorptionssystem. 4. Mariottesche Flasche. (Hahn und Hirsch.)

Da es überhaupt in der Praxis häufig darauf ankommt, gerade eine einzige bestimmte Verunreinigung der Luft quantitativ zu erfassen, wird man sich oftmals darauf beschränken können, den organischen Kohlenstoff der Luft zu bestimmen. Aus einer Differenzbestimmung mit normaler Luft kann man sich dann sehr gut ein Bild über den Grad der Luftverunreinigung machen. Eine gut durchgearbeitete Methode hierfür haben neuerdings Hahn und Hirsch[15]) angegeben. Das Prinzip der Methode ist das der organischen Kohlenstoff-Elementaranalyse, bei der eine abgemessene Luftprobe über Kupferoxyd verbrannt und die verbrennbaren Gase als Kohlensäure bestimmt werden. Mit Hilfe der von Hahn und Hirsch angegebenen Apparatur kann man einerseits die Menge des oxydierbaren Kohlenstoffes, andererseits den ursprünglichen Gehalt der Luft an Kohlensäure feststellen. Die Differenz zwischen den beiden Bestimmungen ergibt die Menge des in der Luft vorhandenen unvollkommen oxydierten gasförmigen Kohlenstoffes. Ein Vorteil der Methode ist, daß kohlenstoffhaltige Substanzen, die die Luft in fester Form als Staub und

Ruß verunreinigen, von der Analyse nicht mit erfaßt werden, da sie bei dieser Versuchsanordnung durch Sedimentierung in den feuchten Vorratsgefäßen zurückgehalten werden. Die Methode eignet sich zur quantitativen Analyse von Luftverunreinigungen durch kohlenstoffhaltige Gase, wie sie in den verschiedensten gewerblichen Betrieben namentlich durch organische Lösungsmittel (z. B. Ligroin, Benzin, Benzol, Äther, Alkohol, Azeton, Amylazetat, Schwefelkohlenstoff usw.) zustande kommen, ebenso für die quantitative Bestimmung von Grubengas, Leucht-, Azetylen- und Rauchgasen. Handelt es sich bei der Verunreinigung um eine einzige bekannte kohlenstoffhaltige Verbindung, so läßt sich der Gehalt der Luft an diesem Stoff natürlich auch in absoluter Menge angeben.

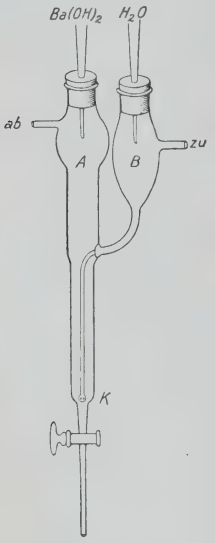


Fig. 9. Vergrößertes Absorptionsgefäß A B. (Hahn und Hirsch).

Auf die methodischen Einzelheiten kann hier nicht näher eingegangen werden. Die beigegebenen Zeichnungen (Fig. 8 und 9) mögen ein allgemeines Bild der Gesamtapparatur geben. Da die Methode außerordentlich empfindlich ist, sind die in der Arbeit von Hahn und Hirsch gegebenen methodischen Hinweise genau zu beachten.

X. Kontagien.

In einzelnen Betrieben sind die Arbeiter durch Infektionen bedroht. So sind häufig Übertragungen von Tuberkulose und Typhus in größerem Umfange in Betrieben festgestellt worden. Die Aufdeckung der Infektionsquelle erfolgt nach den allgemeinen epidemiologischen Grundsätzen (s. Bd. 1). Bei Glasbläsern kommt zuweilen Übertragung von Syphilis durch gemeinsame Benutzung der Blasrohre vor.

In manchen Betrieben treten Milzbrand und Rotz in gehäufter Zahl auf. Hierdurch gefährdet sind Schlachter, Abdecker, Gerber, Leim- und Seifensieder, Wollarbeiter, Kürschner, Roßhaarspinnerei-, Pinsel- und Bürstenmacher-Arbeiter. Die Hadernkrankheit in den Papierfabriken ist ein durch Einatmung von infiziertem Staub entstehender Inhalations-Milzbrand. Als Infektionsquelle für den Milzbrand kommen vor allen Dingen Rohhäute und Tierhaare aus dem Auslande in Frage Der Nachweis des Milzbrandes an diesen Gegenständen ist außerordentlich schwierig. Es ist vorgeschlagen, den Nachweis der Infektion durch den Präzipitationsversuch nach Askoli zu erbringen (Bd 1, S. 536), doch mißlingt der Versuch häufig. Über den Nachweis von Rotz s. die bakteriolog. Methoden.

Grubenarbeiter in tiefen Gruben, sowie Ziegeleiarbeiter sind der Gefahr der Infektion durch Ankylostoma ausgesetzt. Besteht Verdacht, daß eine Arbeitsstätte mit Ankylostoma verseucht ist, so wird zunächst bei $^1/_5$ der Arbeiter der Stuhlgang mikroskopisch untersucht. Einige Kubikzentimeter werden auf Würmer und auf die 60 μ langen und 40 μ breiten ovalen, dünnschaligen Eier mikroskopisch durchsucht. Diese Untersuchungen sind nicht sehr sicher. Es ist mit 25—50% übersehener positiver Fälle zu rechnen. Bessere Ergebnisse hat man, wenn man die Fäzes mit Äther und Salzsäure homogenisiert und die entstehende Flüssigkeit zentrifugiert. Looß und H. Bruns haben folgendes Verfahren empfohlen:

Etwa 50 g Fäzes werden mit Tierkohle verrieben, das Gemisch in den Brutschrank gestellt, nach 5—6 Tagen werden die ausgeschlüpften Larven mit Wasser ausgezogen und das Zentrifugat des Auszuges untersucht. Diese Methode gibt dreimal soviel positive Befunde wie die einfache Fäzesmikroskopie. Wiederholung der Untersuchung verbessert die Resultate.

B. Untersuchung der Gebrauchsgegenstände.

I. Einleitung.

Juristisch interessiert hier das Reichsgesetz vom 14. Mai 1879 betr. den Verkehr mit Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen, aus dem vor allem die §§ 5 und 6 bemerkenswert sind. In diesen sind Vorschriften über Herstellung, Aufbewahrung und Verpackung, Beschaffenheit und Bezeichnung von Nahrungs- und Genußmitteln usw., sowie über die Verwendung bestimmter Stoffe und Farben zur Herstellung von Eß-, Trink- und Kochgeschirren usw. gegeben. Ferner gehören hierher die Gesetze vom 25. Juni und vom 5. Juli 1887*). Das Junigesetz regelt den Verkehr mit blei- und zinkhaltigen Gegenständen; das Juligesetz die Verwendung gesundheitsschädlicher Farben, zu denen das Gesetz solche Farben rechnet, die Arsen, Antimon, Barium, Blei, Kadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Uran, Zink, Zinn, Gummigutti, Korallin und Pikrinsäure enthalten. Insbesondere dürfen arsenhaltige Farben nicht zur Herstellung von Buch- und Steindruck, von Tapeten, Möbelstoffen, Teppichen, Vorhängen, Kleidungsstoffen, künstlichen Blumen usw. sowie auch nicht als Anstrichfarben bewohnter Räume u. dgl. verwendet werden. Im allgemeinen (vgl. §§ 2—4 dieses Gesetzes) dürfen diese Elemente bzw. Stoffe auch nicht in Umhüllungs- und Verpackungsmaterial zur Aufbewahrung von Nahrungs- und Genußmitteln, sowie in kosmetischen Mitteln, Spielwaren u. dgl. vorhanden sein. Nach dem Junigesetz, dem sogenannten „Bleigesetz", dürfen Eß-, Trink- und Kochgeschirre, als Metallegierung betrachtet, nie mehr als zehn Gewichtsteile Blei in hundert Gewichtsteilen Legierung enthalten. Ferner dürfen emaillierte oder glasierte Geschirre bei halbstündigem Kochen mit 4%iger Essigsäure an dieselbe kein Blei abgeben.

Nach Ansicht einiger Autoren ist diese Anforderung zu streng, zumal sie erstens praktisch sehr schwer zu erfüllen ist und zweitens nach einem Gutachten der preußischen wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen vom 19. Juni 1912 es ausgeschlossen ist, daß glasierte Tongeschirre, die beim Kochen mit Essigsäure nur bis zu 2 mg Blei abgeben, gesundheitliche Schädigungen hervorrufen können.

Dieselben Vorschriften gelten für Fabrikationsapparate von Getränken, Fruchtsäften u. dgl. und für Konservenbüchsen. Ebenfalls höchstens 1 Gewichtsprozent Blei dürfen Druckvorrichtungen zum Bierausschank,

*) Heute wird eine Änderung speziell des Junigesetzes angestrebt. So schreiben z. B. Sudendorf und Penndorf in ihrer Arbeit „Über die Zunahme gesetzwidrig hergestellter Gebrauchsgegenstände und über Schwierigkeiten bei der praktischen Anwendung des Blei- und Zinkgesetzes vom 25. Juni 1887" folgendes: „Diese Ausführungen bezwecken erneut, darzulegen, daß das Blei- und Zinkgesetz in seiner jetzigen Form den Erfordernissen der Gesundheitspflege nicht mehr in dem nötigen und gewünschten Maße Rechnung trägt, und daß die beabsichtigte Neuregelung derselben bald erfolgen sollte." (Zeitschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1923, Bd. 45, S. 361.) Es muß unbedingt zugegeben werden, daß das Gesetz dadurch vielfach beengt ist, daß es auf bestimmte Gegenstände Bezug nimmt und deshalb Zweifel darüber aufkommen läßt, ob andere metallene Gebrauchsgegenstände, obschon sie denselben Zwecken dienen, unter das Gesetz fallen oder nicht. Aber auch das Farbgesetz bedarf zum Teil recht dringender Ergänzungen.

Siphons für kohlensäurehaltige Getränke, Metallteile von Kindersaugflaschen u. dgl. enthalten. Völlig bleifrei muß sein der Kautschuk, der für Mundstücke für Warzenhüte, Saugringe, Saugflaschen (diese Gegenstände müssen außerdem auch völlig zinkfrei sein), ferner für Trinkflaschen, Trinkbecher u. dgl., für Spielwaren usw. verwendet wird. Trotz der wechselnden Ansicht über die Schädlichkeit des Bleies*) — manche Autoren halten tägliche Bleizufuhr von 1 mg für unschädlich, manche 0,3 mg schon für schädlich — sollte allgemein gefordert werden, daß Metallpackungen, die unmittelbar mit Lebensmitteln in Berührung kommen, wie Konservenbüchsen, Metallfolien, Tuben, Flaschen usw. nur einen Höchstgehalt von 1% Blei haben dürfen, sofern sie nicht mit einer widerstandsfähigen Zinnschicht versehen sind, ähnlich wie z. B. Bleisoldaten, die bis zu 40% Blei enthalten, durch einen unlöslichen Farbanstrich unschädlich gemacht werden. Weniger schädlich ist übrigens das Zink, zumal es nur örtliche Reizung hervorruft und eine chronische Zinkvergiftung nicht bekannt ist.

Das Junigesetz gibt im einzelnen die folgenden Vorschriften:

Gesetz, betreffend den Verkehr mit blei- und zinkhaltigen Gegenständen. Vom 25. Juni 1887.

§ 1. Eß-, Trink- und Kochgeschirre, sowie Flüssigkeitsmasse dürfen nicht:

1. ganz oder teilweise aus Blei oder einer in 100 Gewichtsteilen mehr als 10 Gewichtsteile Blei enthaltenden Metallegierung hergestellt sein;
2. an der Innenseite mit einer in 100 Gewichtsteilen mehr als einem Gewichtsteil Blei enthaltenden Metallegierung verzinnt oder mit einer in 100 Gewichtsteilen mehr als 10 Gewichtsteile Blei enthaltenden Metallegierung gelötet;
3. mit Email oder Glasur versehen sein, welche bei halbstündigem Kochen mit einem in 100 Gewichtsteilen 4 Gewichtsteile Essigsäure enthaltenden Essig an den letzteren Blei abgeben.

Auf Geschirr- und Flüssigkeitsmaße aus bleifreiem Britanniametall findet die Vorschrift in Ziffer 2 betreff des Lotes nicht Anwendung.

Zur Herstellung von Druckvorrichtungen zum Ausschank von Bier, sowie von Siphons für kohlensäurehaltige Getränke und von Metallteilen für Kindersaugflaschen dürfen nur Metallegierungen verwendet werden, welche in 100 Gewichtsteilen nicht mehr als einen Gewichtsteil enthalten.

§ 2. Zur Herstellung von Mundstücken für Saugflaschen, Saugringen und Warzenhütchen darf blei- oder zinkhaltiger Kautschuk nicht verwendet sein.

Zur Herstellung von Trinkbechern und von Spielwaren, mit Ausnahme der massiven Bälle, darf bleihaltiger Kautschuk nicht verwendet sein.

Zu Leitungen für Bier, Wein oder Essig dürfen bleihaltige Kautschukschläuche nicht verwendet werden.

§ 3. Geschirre und Gefäße zur Verfertigung von Getränken und Fruchtsäften dürfen in denjenigen Teilen, welche bei dem bestimmungsmäßigen oder vorauszusehenden Gebrauche mit dem Inhalt in unmittelbarer Berührung kommen, nicht den Vorschriften des § 1 zuwider hergestellt sein.

Konservenbüchsen müssen auf der Innenseite den Bedingungen des § 1 entsprechend hergestellt sein.

Zur Aufbewahrung von Getränken dürfen Gefäße nicht verwendet sein, in welchen sich Rückstände von bleihaltigem Schrote befinden. Zur Packung von Schnupf- und Kautabak, sowie Käse dürfen Metallfolien nicht verwendet sein, welche in 100 Gewichtsteilen mehr als einen Gewichtsteil Blei enthalten.

Die weiteren Paragraphen bringen Strafandrohungen u. dgl. Das Gesetz trat am 1. Oktober 1888 in Kraft.

Das Juligesetz bestimmt folgendes:

---

*) In Amerika hat man 0,1 mg/l Pb als zulässige Grenzzahl festgesetzt bei täglichem Genuß eines Wassers mit bleilösenden Eigenschaften (Beyer, Mitt. d. Pr. Landesanstalt f. Wasser-, Boden- u. Lichthygiene 1926, Bd. 2. S. 171—173).

Gesetz, betreffend die Verwendung gesundheitsschädlicher Farben bei der Herstellung von Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen. Vom 5. Juli 1887.

§ 1. 1. Gesundheitsschädliche Farben dürfen zur Herstellung von Nahrungs- und Genußmitteln, welche zum Verkauf bestimmt sind, nicht verwendet werden.

2. Gesundheitsschädliche Farben im Sinne dieser Bestimmung sind diejenigen Farbstoffe und Farbzubereitungen, welche Antimon, Arsen, Baryum, Blei, Kadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Uran, Zink, Zinn, Gummigutti, Korallin, Pikrinsäure enthalten. Der Reichskanzler ist ermächtigt, nähere Vorschriften über das bei der Feststellung des Vorhandenseins von Arsen und Zinn anzuwendende Verfahren zu erlassen.

§ 2. 1. Zur Aufbewahrung oder Verpackung von Nahrungs- und Genußmitteln, welche zum Verkauf bestimmt sind, dürfen Gefäße, Umhüllungen oder Schutzbedeckungen, zu deren Herstellung Farben der im § 1 Absatz 2 bezeichneten Art verwendet sind, nicht benutzt werden.

2. Auf die Verwendung von schwefelsaurem Baryum (Schwerspath, blanc fixe), Barytfarblacken, welche von kohlensaurem Baryum frei sind, Chromoxyd, Kupfer, Zinn, Zink und deren Legierungen als Metallfarben, Zinnober, Zinnoxyd, Schwefelzinn als Mussivgold, sowie alle auf Glasmassen, Glasuren oder Emails eingebrannte Farben und auf den äußeren Anstrich von Gefäßen aus wasserdichten Stoffen findet diese Bestimmung nicht Anwendung.

§ 3. Zur Herstellung von kosmetischen Mitteln (Mitteln zur Reinigung, Pflege oder Färbung der Haut, des Haares oder der Mundhöhle), welche zum Verkauf bestimmt sind, dürfen die im § 1 Absatz 2 bezeichneten Stoffe nicht verwendet werden. Auf schwefelsaures Baryum (Schwerspath, blanc fixe), Schwefelkadmium, Chromoxyd, Zinnober, Zinkoxyd, Zinnoxyd, Schwefelzink, sowie auf Kupfer, Zinn, Zink und deren Legierungen in Form von Puder findet diese Bestimmung nicht Anwendung.

§ 4. 1. Zur Herstellung von zum Verkauf bestimmten Spielwaren (einschließlich der Bilderbogen, Bilderbücher und Tuschfarben für Kinder), Blumentopfgittern und künstlichen Christbäumen dürfen die in § 1 Absatz 2 bezeichneten Farben nicht verwendet werden.

2. Auf die in § 2 Absatz 2 bezeichneten Stoffe, sowie auf Schwefelantimon und Schwefelkadmium als Färbemittel der Gummimasse, Bleioxyd in Firniß, Bleiweiß als Bestandteil des sogenannten Wachsgusses, jedoch nur, sofern dasselbe nicht ein Gewichtsteil in 100 Gewichtsteilen der Masse übersteigt, chromsaures Blei (für sich oder in Verbindung mit schwefelsaurem Blei) als Öl- oder Lackfarbe oder mit Lack- oder Firnißüberzug, die in Wasser unlöslichen Zinkverbindungen, bei Gummispielwaren jedoch nur, soweit sie als Färbemittel der Gummimasse, als Öl- oder Lackfarben, oder mit Lack- und Firnißüberzug verwendet werden, alle in Glasuren oder Emails eingebrannten Farben findet diese Bestimmung nicht Anwendung. Soweit zur Herstellung von Spielwaren die in den §§ 7 und 8 bezeichneten Gegenstände verwendet werden, finden auf letztere lediglich die Vorschriften der §§ 7 und 8 Anwendung.

§ 5. Zur Herstellung von Buch- und Steindruck auf den in den §§ 2, 3 und 4 bezeichneten Gegenständen dürfen nur solche Farben nicht verwendet werden, welche Arsen enthalten.

§ 6. Tuschfarben jeder Art dürfen, als frei von gesundheitsschädlichen Stoffen bzw. giftfrei nicht verkauft oder feilgehalten werden, wenn sie den Vorschriften im § 4 Absatz 1 und 2 nicht entsprechen.

§ 7. Zur Herstellung von zum Verkauf bestimmten Tapeten, Möbelstoffen, Teppichen, Stoffen zu Vorhängen oder Bekleidungsgegenständen, Masken, Kerzen, sowie künstlichen Blättern, Blumen und Früchten dürfen Farben, welche Arsen enthalten, nicht verwendet werden. Auf die Verwendung arsenhaltiger Beizen und Fixierungsmittel zum Zwecke des Färbens oder Bedruckens von Gespinnsten oder Geweben findet diese Bestimmung nicht Anwendung. Doch dürfen derartig bearbeitete Gespinnste oder Gewebe zur Herstellung der im Absatz 1 bezeichneten Gegenstände nicht verwendet werden, wenn sie das Arsen in wasserlöslicher Form oder in solcher Menge enthalten, daß sich in 100 qcm des fertigen Gegenstandes mehr als 2 mg Arsen vorfinden. Der Reichskanzler ist ermächtigt, nähere Vorschriften über das bei der Feststellung des Arsengehaltes anzuwendende Verfahren zu erlassen.

§ 8. Die Vorschriften des § 7 finden auch auf die Herstellung von zum Verkauf bestimmten Schreibmaterialien, Lampen- und Lichtschirmen, sowie Lichtmanschetten Anwendung. Die Herstellung der Oblaten unterliegt den Bestimmungen in § 1, jedoch,

sofern sie nicht zum Genusse bestimmt sind, mit der Maßgabe, daß die Verwendung von schwefelsaurem Baryium (Schwerspath, blanc fixe), Chromoxyd und Zinnober gestattet ist.

§ 9. Arsenhaltige Wasser- oder Leimfarben dürfen zur Herstellung des Anstriches von Fußböden, Decken, Wänden, Türen, Fenstern der Wohn- oder Geschäftsräume, von Roll-, Zug- und Klappläden oder Vorhängen, von Möbeln und sonstigen häuslichen Gebrauchsgegenständen nicht verwendet werden.

§ 10. Auf die Verwendung von Farben, welche die im § 1 Absatz 2 bezeichneten Stoffe nicht als konstituierende Bestandteile, sondern nur als Vereinigungen, und zwar höchstens in einer Menge enthalten, welche sich bei den in der Technik gebräuchlichen Darstellungsverfahren nicht vermeiden läßt, finden die Bestimmungen der §§ 2—9 nicht Anwendung.

§§ 11—15 enthalten Strafandrohungen. Das Gesetz trat am 1. Mai 1888 in Kraft.

II. Analytische Vorbemerkungen.

1. Vorbereitungen zur Analyse (vgl. dazu Bd. 1, S. 256).

Als Grundprinzip ist festzuhalten, daß nicht sofort mit der ganzen zur Verfügung stehenden Substanzmenge in die Analyse eingetreten wird, sondern daß ein für einen weiteren Analysengang genügend großer Teil zurückbleibt. Ist die Substanz ein fester Körper, so wird sie zunächst gründlich im Mörser zu möglichst feinem, homogenem Pulver zerrieben. Sind quantitative Bestimmungen zu machen, so wird zweckmäßig zunächst der Wassergehalt durch Trocknen (vgl. Bd. 1, S. 267) festgestellt. Bei Körpern mit organischen Bestandteilen kann sofort die Aschenbestimmung angeschlossen werden, indem ein aliquoter Teil der getrockneten und gewogenen Substanz im Platin-*) bzw. Porzellantiegel vorsichtig verascht, geglüht**) und nach dem Erkalten bis zur Gewichtskonstanz gewogen wird. Beim Pulverisieren ist auf intensive Durchmischung zu achten, damit besonders bei quantitativen Bestimmungen keine Fehlresultate entstehen.

Liegt eine flüssige Substanz als Analysenkörper vor, so dampft man bei einer die Siedetemperatur des Wassers nicht übersteigenden Temperatur zur Trockne und behandelt den gewonnenen Trockenrückstand ebenfalls wie oben beschrieben.

2. Allgemeine Regeln für analytische Arbeiten.

Alle Reaktionen werden zweckmäßig mit geringen Substanzmengen ausgeführt, wobei besonders ein allzu großer Überschuß der zuzusetzenden Reagentien zu vermeiden ist. Die Reagentien setzt man tropfenweise zu, bis die Reaktion beendet ist. Damit die entstehenden Niederschläge grobkörniger werden und die Filtration des Niederschlages rascher vor sich geht, soll das Ausfällen und Filtrieren in der Regel immer in der Wärme geschehen. Nach dem Abfiltrieren des Niederschlages muß man sich im Filtrat davon überzeugen, ob die Ausfällung quantitativ verlaufen ist, indem man zu einer Probe des Filtrates nochmals einige Tropfen des be-

*) Bei Benutzung des Platintiegels beachte man außer den in Bd. 1, S. 264f. gegebenen Vorschriften folgendes: Liegen freie Metalle vor oder sind Verbindungen von Silber, Blei, Zinn, Wismut, Arsen, Antimon zu erwarten, so darf der Platintiegel nicht benutzt werden. (Zerstörung des Tiegels durch Bildung von Platin-Metallegierungen.) Reinigung des Tiegels mit feuchtem Seesand. Auskochen entweder mit konzentrierter HCl oder konzentrierter HNO_3 (aber kein Königswasser!).

**) Es empfiehlt sich dabei die getrocknete Substanz vor dem Einäschern mit konzentrierter Schwefelsäure zu befeuchten. Durch die sich dann bildenden nicht flüchtigen Sulfate wird eine Verflüchtigung von Arsen und Antimon — gegebenenfalls bei gleichzeitiger Anwesenheit von viel NaCl auch von Kupfer, Quecksilber, Zinn und Zink — während des Veraschens vermieden.

treffenden Fällungsreagenses hinzugibt und beobachtet, ob nochmals ein Niederschlag entsteht. Gegebenenfalls muß die ganze Prozedur wiederholt werden. Die Niederschläge auf dem Filter sind in der Regel mit heißem, destilliertem Wasser so lange auszuwaschen, bis in einer Probe des Filtrates das betreffende Fällungsreagens nicht mehr nachweisbar ist. In manchen Fällen lohnt es sich, den Niederschlag vom Filter abzulösen und in der Zentrifuge zu waschen. Der Waschprozeß verläuft rationeller, wenn mehrmals mit kleinen Flüssigkeitsmengen als weniger oft mit größerer Flüssigkeitsmenge gewaschen wird. Entsteht der Niederschlag nach Zugabe des Reagenzes langsam oder zögernd, so kann das Eintreten der Reaktion durch Schütteln oder Reiben der Reagenzglaswand mit einem Glasstab beschleunigt werden. Der gewissenhafte Analytiker läßt das Reagenzglas mit der angestellten Reaktion immer einige Zeit stehen und betrachtet die Reaktion später nochmals, um aus der Menge des abgesetzten Niederschlages auch beim qualitativen Arbeiten vergleichsweise Anhaltspunkte über die vorliegende Menge der Substanz zu gewinnen. Ebenfalls empfiehlt es sich nicht, in allzu großer Verdünnung der Lösung zu arbeiten, weil manche Niederschläge dann schwer zu erkennen sind und außerdem das Arbeiten mit großen Flüssigkeitsmengen erschwerend wirkt. In solchen Fällen empfiehlt sich vorheriges Einengen der Lösung auf dem Wasserbade. Will man durch Zugabe von Lauge oder Säure ein entsprechendes alkalisches oder saures Milieu erzeugen, so überzeugt man sich nach der Zugabe davon, ob die gewünschte Reaktion erreicht ist, dadurch, daß mit dem Glasstab ein Tropfen Flüssigkeit auf entsprechendes Lackmuspapier gebracht wird. Bei jeder Arbeitsphase ist auf gründliche Durchmischung der gesamten Flüssigkeitsmenge zu achten.

3. Einiges über die Reagentien (vgl. auch Bd. 1, S. 257).

Die Laboratoriumsreagentien sind in der Regel einfach normal zu nehmen. Man löst also bei einwertigen Verbindungen das Molekulargewicht in Gramm zum Liter auf, bei 2- bzw. 3wertigen Verbindungen das Halbe bzw. ein Drittel des betreffenden Grammolekulargewichtes. Die verdünnten Säuren und Alkalien stellt man sich zweckmäßig zweifach normal her (konzentriertes Ammoniak ist 15 normal). Nur bei bestimmten Reagentien mit geringer Löslichkeit verwendet man am besten kalt gesättigte, filtrierte Lösungen (z. B. Kalziumhydroxyd ist 0,17%ig; weiter ist H_2S = 0,48%ig, H_2O_2 am besten 3%ig). In blinden Proben muß man sich regelmäßig davon überzeugen, ob die verwendeten Reagentien auch chemisch rein sind und nicht etwa den analytisch festzustellenden Stoff schon als Verunreinigung enthalten. Gegebenenfalls zeigt dann auch ein Vergleich der beiden Proben, wie stark die betreffende Verunreinigung des Reagenzes war (z. B. Eisengehalt der Salzsäure).

Die persönliche Herstellung einiger Gebrauchsreagentien sei durch folgende Beispiele kurz erläutert:

1 n NH_4Cl enthält 53,5 g NH_4Cl pro Liter (= 1mal das Mol.-Gew. 53,5),
1 n $BaCl_2 \cdot 2\,H_2O$ enthält 122,2 g $BaCl_2 \cdot 2\,H_2O$ pro Liter (= ½mal das Mol.-Gew. 244,3),
1 n $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18\,H_2O$ enthält 111,1 g $H_2(SO_4)_3 \cdot 18\,H_2O$ pro Liter (1/6mal das Mol.-Gew. 666,7),
2 n HCl enthält 2 · 36,5 g HCl pro Liter (= 2mal das Mol.-Gew. 36,5),
2 n H_2SO_4 enthält 2 · 49,1 g H_2SO_4 pro Liter (= 2mal das halbe Mol.-Gew. 98,1),
2 n KOH enthält 2 · 56,2 g KOH pro Liter (= 2mal das Mol.-Gew. 56,2) usw.

Den Prozentgehalt der drei gebräuchlichsten Säuren kann man sich mit Hilfe des Molekulargewichts leicht merken, da beide zahlenmäßig annähernd übereinstimmen:

konzentrierte H_2SO_4 = 98% Mol.-Gew. = 98,1)
„ HNO_3 = 63% („ = 63,02) (Gedächtnisregel nach
„ HCl = 36% („ = 36,5) Riesenfeld).

Für denjenigen, der nur gelegentlich chemisch arbeitet, sei an dieser Stelle noch folgender Hinweis gegeben:

1. In Vorratsflaschen bzw. Reagentienflaschen darf wegen der Verunreinigungsgefahr nicht mit Spateln, Löffeln, Glasstäben u. dgl. hineingegangen werden.
2. Stopfen nicht auf die Tischflächen der Arbeitsplätze legen!
3. Lichtempfindliche Reagentien sind in dunklen Flaschen aufzubewahren.
4. Teure Reagentien nach Gebrauch nicht fortschütten, sondern in kenntlich gemachten Flaschen aufheben und bei Gelegenheit aufarbeiten (z. B. Silbernitrat).

4. Die Vorproben.

Die nach Abschnitt 2 vorbereitete Analysensubstanz kann nun direkt für die sogenannten Vorproben verwendet werden, die man übrigens richtiger als Analyse auf trockenem Wege bezeichnet zum Unterschied von der Hauptanalyse auf nassem Wege. Hierher gehören die Flammenfärbungen*); die Phosphorsalz- und Boraxperle**); das Verhalten der Substanz beim trocknen Erhitzen***); das Verhalten der Substanz beim Erhitzen mit konzentrierter H_2SO_4 oder besser mit $KHSO_4$†); das Verhalten der Substanz bei der Reduktion auf der Kohle vor dem Lötrohr††).

5. Lösungsversuche (vgl. Bd. 1, S. 265).

Liegen als Analysensubstanz Metalle oder Metallegierungen vor, so bringt man sie durch längeres Kochen mit verdünnter oder konzentrierter Salpetersäure in Lösung; bleibt hierbei ein Rückstand zurück, so kann es sein: Gold, Platin, Bor und Silizium, sofern er metallisch glänzend ist, oder SnO_2 und Sb_2O_5, wenn er weiß-pulverig ist. Gold und Platin ist dann löslich in Königswasser (3 vol. HCl + 1 vol. HNO_3); Silizium in Natronlauge und Bor in geschmolzenem Ätznatron. SnO_2 und Sb_2O_5 ist löslich in Salzsäure.

Bleiben schwarze unlösliche Flocken zurück, so handelt es sich um Kohlenstoff (Verbrennen auf dem Platinblech).

Alle anderen Substanzen sucht man so in Lösung zu bringen, daß man einige Milligramm von ihnen 5 Minuten lang mit folgenden Lösungsmitteln in der angeführten Reihenfolge kocht:

1. Wasser,
2. verdünnte und konzentrierte Salzsäure,
3. verdünnte und konzentrierte Salpetersäure,
4. Königswasser,
5. Alkalien (nur bei Prüfung auf Säuren!).

In Salzsäure, Salpetersäure und Königswasser sind unlöslich:

1. Silberchlorid, -bromid und -jodid.
2. Die Sulfate von Barium, Strontium, Blei.
3. Die Silikate (die Farben Ultramarin und Smalte) und Fluoride.

---

*) Vgl. Bd. I, S. 289, Absatz 4.
**) Vgl. Bd. I, S. 289, Absatz 3.
***) Vgl. Bd. I, S. 287, Absatz 1.
†) Vgl. Bd. I, S. 289, Absatz 5.
††) Vgl. Bd. I, S. 288, Absatz 2.

4. Geglühte Metalloxyde von Aluminium, Titan, Zinn, Eisen (rotbraun), Chrom (grün).
5. Zyansilber.
6 Chromeisenstein.
7. HgS, SnS und Sb_2O_3 (löslich in Königswasser).

Ist die Analysensubstanz ein Gemenge, so kann der Fall eintreten, daß verschiedene Teile desselben in verschiedenen Lösungsmitteln löslich sind. Lassen sich die einzelnen Fraktionen nach der Lösung, ohne einen Niederschlag zu geben, nicht vereinigen, so muß der Analysengang mit jeder Fraktion einzeln durchgeführt werden.

6. Aufschlüsse.

Körper, die in den angeführten Lösungsmitteln unlöslich oder wenig löslich sind, müssen aufgeschlossen werden. Als Aufschlußgemisch verwendet man am besten ein Gemisch aus Soda und Pottasche zu gleichen Teilen. Hiervon gibt man die 4fache Menge zu der betreffenden Menge der aufzuschließenden Substanz. Beim Aufschluß werden die unlöslichen Verbindungen in die löslichen Karbonate übergeführt. Man erhitzt die Mischung in der Gebläseflamme so lange, bis sie etwa 10 Minuten lang einen klaren Schmelzfluß bildete. Nach dem Erkalten der Schmelze wird der Schmelzkuchen in heißem Wasser gelöst und der Rückstand abfiltriert, wobei auf sehr gründliches Auswaschen geachtet werden muß. Sodann wird der Rückstand mit Salzsäure aufgenommen resp., wenn nötig, weiter verarbeitet. Hat man nicht gründlich ausgewaschen, so bilden sich beim Lösen in Salzsäure unter Umständen wieder unlösliche Chloride, die den ganzen Aufschluß illusorisch machen.

Haben die Vorproben einwandfrei Fluoride ergeben, so raucht man mit konzentrierter Schwefelsäure ab, ebenso bei komplexen Zyanverbindungen. Jedenfalls führt aber stets die Soda-Pottascheschmelze zum Ziel.

Der Aufschluß mit Sodapottasche bringt natürlich Natrium und Kalium von sich aus in die Analyse. Will man also in ganz besonderen Fällen auch Alkalien analysieren, so muß in der sogenannten Nebenanalyse ein Teil der Substanz durch Abrauchen mit konzentrierter Schwefelsäure (Abzug!) aufgeschlossen werden und hierin die Prüfung auf Natrium und Kalium stattfinden.

Zum Aufschluß von Emails und Glasuren empfiehlt Beythien Kaliumbisulfat oder Bariumhydroxyd. Man kommt auch zum Ziele, wenn das Aufschlußgemisch aus Kaliumnatriumkarbonat + Kaliumnitrat oder aus Flußsäure + Schwefelsäure oder schließlich aus Flußsäure + Salpetersäure besteht.

Handelt es sich bei dem Untersuchungsmaterial nicht um Metalle oder Legierungen, sondern um organische Körper, so muß die Analyse mit der Zerstörung der organischen Substanz begonnen werden. Von den zahlreichen Verfahren, die hierfür zur Verfügung stehen, soll das hauptsächlichste kurz skizziert werden. Spezielle Einzelheiten sind dann bei den entsprechenden Gebrauchsgegenständen, soweit es nötig ist, mitgeteilt.

Kautschuk und ähnliche Stoffe werden am besten durch Schmelzen mit der zehnfachen Menge Salpeter mineralisiert.

Organe, animalische Nahrungsmittel (Fleisch, Wurst usw.) und vegetabilische Nahrungsmittel (Pflanzenpulver u. dgl.) werden am besten nach der klassischen Methode von Fresenius und Babo behandelt*).

*) Vgl. die Modifizierung dieser Methode nach Jeserich, S. 132.

Feste organische Stoffe werden dazu zuerst, wenn nötig, mit der Schere zerschnitten und dann im Mörser verrieben. Flüssige Stoffe werden unter Zusatz von Natriumkarbonat, um die Verflüchtigung von Chloriden, z. B. des Arsens, Antimons, Zinns und Quecksilbers, zu vermeiden, zur Trockne gedampft*).

Das so vorbereitete oder ursprüngliche Untersuchungsmaterial wird in einem starken Glaskolben, der höchstens zu ⅓ angefüllt werden darf, mit etwas mehr Salzsäure versetzt, als etwa der Trockensubstanz entsprechen würde, und mit Wasser so weit verdünnt, daß ein dünner Brei entsteht. Der Kolben wird mit einem doppelt durchbohrten Stopfen verschlossen, in dessen eine Öffnung ein ca. 1 m langes Steigrohr (unten schräg abgeschnitten), das einer Verflüchtigung von Chloriden beim Erwärmen vorbeugen soll, und in dessen andere Bohrung ein Tropftrichter, gefüllt mit einer konzentrierten Kaliumchloratlösung, eingepaßt sind.

Nunmehr wird auf dem Wasserbade erwärmt und allmählich von der Kaliumchloratlösung in dem Maße zugelassen, als sie zur Oxydation der organischen Substanz verbraucht wird. Als genügend zerstört kann die Substanz angesehen werden, wenn sie sich bis auf geringfügige, spezifisch leichte Flocken gelöst hat, und die Flüssigkeit bei viertelstündigem Erhitzen auf dem Wasserbade nach der letzten Chloratzugabe sich nicht merklich dunkler färbt. (Bei längerem Erhitzen tritt namentlich bei kohlehydratreichem Material stets Dunkelfärbung infolge Verkohlung durch die Salzsäure ein, auch wenn die Zerstörung genügend weit vorgeschritten gewesen ist.)

Ist dieser Punkt erreicht, so läßt man auf etwa 30—40° erkalten und verdrängt, wenn nötig, überschüssiges Chlor durch Einleiten eines gewaschenen Stromes von Kohlensäure oder Luft, filtriert, wäscht nach und verdünnt reichlich mit Wasser, damit eine völlige Ausscheidung der aus saurer Lösung durch Schwefelwasserstoff fällbaren Metalle durch dieses Reagens stattfindet.

7. Der Sodaauszug.

Die Auffindung der Säuren, die in der zu analysierenden Substanz enthalten sind, geschieht am zweckmäßigsten stets im Sodaauszug. Nur die Prüfung auf Kohlensäure und Phosphorsäure kann hier nicht vorgenommen werden. Die Kohlensäureprüfung wird mit einem Teil der Originalsubstanz angestellt. Der Phosphorsäurenachweis geschieht an bestimmter Stelle, und zwar vor der Schwefelammoniumfällung (Bd. 1, S. 292).

Zur Herstellung des Sodaauszuges wird die gegebenenfalls fein zu pulvernde Analysensubstanz mit einem Überschuß von heißer konzentrierter Sodalösung etwa 5 Minuten lang gekocht. Dabei werden sämtliche in der Analysensubstanz vorhandenen Metalle außer den Alkalien als Karbonate, basisch Karbonate oder Hydroxyde ausgefällt. Die entsprechenden Anionen gehen dabei als Natriumsalze in Lösung. Die Lösung wird nun durch ein Faltenfilter abfiltriert und das erhaltene Filtrat in zwei Teile geteilt. Der eine Teil wird mit Salzsäure angesäuert und auf Schwefelsäure und Salpetersäure geprüft. Der andere Teil wird mit Salpetersäure angesäuert und auf Salzsäure untersucht (über die Auffindung der Anionen s. Bd. 1, S. 299ff.).

*) Enthält das Material Äther oder Alkohol, so sind diese Stoffe wegen der Explosionsgefahr bei der Behandlung mit Kaliumchlorat und Salzsäure zuvor abzudestillieren und das Destillat gegebenenfalls gesondert zu untersuchen.

8. Allgemeines.

Im folgenden sollen in diesem Zusammenhange die besonders wichtigen anorganischen Elemente Blei, Zink, Zinn, Kupfer, Nickel, Aluminium, Arsen, Antimon und Quecksilber gesondert besprochen werden, wobei gleichzeitig im einzelnen besondere Hinweise für die quantitative Bestimmung dieser Elemente gegeben werden*). Es ist natürlich unmöglich, in diesem Rahmen alle Bestimmungsverfahren aufzuführen und sollten in bestimmten Fällen die angezogenen Methoden nicht zum Ziele führen, so seien als entsprechende Literatur folgende Werke zur näheren Information empfohlen:

1. Für die Gewichtsanalyse: Treadwell, „Quantitative Analyse", Verlag Deuticke-Wien und Bockmann-Lunge „Chem. Techn. Untersuchungsmethoden".
2. Für die Maßanalyse: Kühling, „Maßanalyse", Enke-Stuttgart.
3. Für die Elektroanalyse: A. Fischer, „Elektroanalytische Schnellmethoden".
4. „Lehrb. d. chem. Toxikologie" von Gadamer, Göttingen 1924 (Vandenhoek und Ruprecht).

Beim quantitativen Arbeiten kommt es zunächst einmal darauf an, daß man die qualitative Zusammensetzung des zu analysierenden Körpers kennt, weil man erst dann in der Lage ist, die richtige Bestimmungsform zu wählen. Zur Hauptregel mache man sich beim quantitativen Arbeiten: „Gewissenhaftigkeit und Sauberkeit" und ferner bei jeder Analyse zwei Bestimmungen nebeneinander auszuführen.

Alle Wägungen werden auf der analytischen Wage (vgl. Bd. 1, S. 130) bis auf $^1/_{10}$ mg genau ausgeführt.

Bei der Berechnung der Analysenresultate rechne man in schwierigen Fällen mit Logarithmen und benutze, falls die Tafel in Bd. I, S. 349 nicht ausreicht, dazu „die logarithmischen Rechentafeln für Chemiker, Mediziner" usw. von F. W. Küster, die zahlreiche bemerkenswerte Vorschriften enthalten und das Arbeiten sehr erleichtern.

Bei der Angabe des Resultates gebe man so viel Ziffern an, daß die letzte Zahl unsicher ist, d. h. also bei gewöhnlicher quantitativer Analyse eine, höchstens zwei Stellen hinter dem Komma.

Als Abscheidungsformen der hier interessierenden Elemente kommen meistens in Frage:

Arsen: As_2S_3, As_2S_5, $MgNH_4AsO_4$ und $AsCl_3$ (auch maßanalytisch mit Jod).

Aluminium: $Al(OH)_3$ gewogen als Al_2O_3.

Chrom: $Cr(OH)_3$ (auch maßanalytisch mit Jod).

Kupfer: CuS, $Cu(OH)_2$, CuCNS (auch maßanalytisch mit Jod und nach Volhard).

Quecksilber: HgS, HgCl, Hg.

Nickel: $Ni(OH)_3$ (gewogen als NiO).

Blei: $PbSO_4$, PbS (auch kolorimetrisch).

Antimon: Sb_2S_3, (maßanalytisch mit Jod).

Zinn: ZnS und H_2ZnO_3.

Zink: ZnS, $ZnCO_3$.

Mangan: MnS, $MnNH_4PO_4$ (gewogen als $Mn_2P_2O_7$).

*) Zur bequemeren Übersicht über die Einzelheiten des Trennungsganges ist derselbe in der folgenden Zusammenstellung beigegeben.

Übersicht über den Analysengang*).

Die Lösung enthält die Chloride von

Sn As Sb Hg Pb Ag Bi Cu Cd Zn Cr Ba

A. Durch H_2S in mineralsaurer Lösung fallen

a) SnS_2 As_2S_3 Sb_2S_3 (ev. CuS)

löslich beim Erwärmen mit gelbem Schwefelammonium. Diese Lösung wird eingedampft, mit HNO_3 übergossen und nochmals zur Trockne gebracht. Der Rückstand wird mit wenig reiner Natronlauge aufgeweicht, Natriumkarbonat und -nitrat zugegeben und in einen Silbertiegel überführt. Nach dem Eindampfen und Schmelzen entstehen

$Na\ SbO_3$	$Na_2\ SnO_3$	$Na_3\ AsO_4$
unlöslich	schwer löslich	leicht löslich

in warmem Wasser. Durch Einleiten von CO_2 in die (klare oder trübe) Flüssigkeit

bleibt gelöst	sind ungelöst
$Na_3\ AsO_4$	$NaSbO_3$ SnO_2

Dieser Rückstand wird getrocknet, samt Filter verascht und mit KCN geschmolzen. Es entstehen

Sb	Sn
unlöslich in chlorfreier Salzsäure; löslich nach Zusatz von HNO_3	löslich in chlorfreier Salzsäure

b) HgS PbS Ag_2S Bi_2S_3 CuS CdS

unlöslich beim Erwärmen mit gelbem Schwefelammonium. Dieser Sulfidniederschlag wird nochmals oxydiert und nach dem Eindampfen mit Salzsäure aufgenommen:

Niederschlag	Lösung
AgCl	Hg Pb Bi Cu Cd

Durch H_2S fallen

HgS	PbS Bi_2S_3 CuS CdS
unlöslich in Salpetersäure	löslich in Salpetersäure. Durch Übersättigung mit Ammoniak

Niederschlag		Lösung	
$Pb(OH)_2$	$Bi(OH)_3$	Cu	Cd
löslich in wenig Salpetersäure. Durch Schwefelsäure und Alkohol		Bei Anwesenheit von Cu blau. Nach Entfärbung durch KCN und H_2S gelbes CdS	
Niederschlag		Lösung	
$PbSO_4$		Bi	

B. Bleiben gelöst

Zn Cr Ba

1. Ein Drittel der Lösung wird durch Erwärmen und Einleiten von CO_2 von H_2S befreit und mit Salpetersäure oxydiert. Durch NH_3 fallen Eisen und Kalksalze. Das Filtrat wird ameisensauer gemacht und liefert durch H_2S weißes ZnS.

2. Das zweite Drittel wird durch Eindampfen von H_2S befreit, mit HCl und H_2SO_4 ein weißer Niederschlag von $BaSO_4$.

3. Das letzte Drittel wird zur Trockne eingedampft, mit Na_2CO_3 neutralisiert und mit viel Salpeter eingetrocknet. Der Rückstand wird im Eisentiegel geschmolzen.

Eine gelbe Schmelze: Alkalichromat

Der Rückstand enthält

AgCl $PbSO_4$ $BaSO_4$

mit Soda und Salpeter geschmolzen. Die Schmelze wird mit Wasser aufgeweicht und die Flüssigkeit mit Soda versetzt. Darauf wird CO_2 eingeleitet und 10 Minuten lang gekocht. Dann wird filtriert; der Rückstand enthält

Ag $PbCO_3$ $BaCO_3$	$BaSO_4$
löslich in Salpetersäure.	unlöslich in Salpetersäure

1. Ein Teil der Lösung mit HCl versetzt:
Ein weißer Niederschlag

$PbCl_2$	AgCl
krist.; unlöslich in NH_3.	käsig; löslich in NH_3.

2. Ein zweiter Teil mit H_2SO_4 versetzt:
Ein weißer Niederschlag

$PbSO_4$	$BaSO_4$
löslich in weinsaurem Ammonium und daraus durch H_2S fällbar	unlöslich in weinsaurem Ammonium

*) Aus Gadamer, Lehrb. d. log. Chemie.

III. Anorganische Stoffe.

1. Zink.

1. Direkte Schädigungen durch Zink sind nicht ausgeschlossen, wenngleich zahlreiche tierexperimentelle Untersuchungen gezeigt haben, daß man ganz erhebliche Mengen Zink ohne besondere nachweisbare Schädigungen verfüttern kann. Die Möglichkeit einer Schädigung ergibt die Tatsache, daß das Zink in großen Mengen in der Leber aufgespeichert werden kann und daß dann auf die Dauer doch Schädigungen der Magen- und Darmtätigkeit zu erwarten sind. Es interessieren hier Versuche von K. B. Lehmann[16]), der einem Hunde (Gewicht 10,5 kg) 335 Tage lang täglich 44 mg Zinkkarbonat ohne Schaden zuführte. Brande, Scherpe und Jacoby[17]) verfütterten tägliche Gaben von 0,3—1,0 g Zinksalze an Hunde und Kaninchen ohne Schaden und wiesen nach, daß das Zink fast gänzlich mit dem Kote ausgeschieden wurde. Sogar bei intravenöser Zufuhr ist das Verhalten nicht wesentlich anders und im Harn traten nur Spuren auf. Allerdings war eine gewisse Speicherung des Zinks in der Leber nachzuweisen.

Im eingangs erwähnten Gesetz vom 25. Juni 1887 wird nur gesagt, daß das Zink nicht in Warzenhütchen, Saugringen u. dgl. vorkommen darf. Durch Sonderverfügungen ist aber doch noch in anderen bestimmten Fällen die Anwendungsmöglichkeit des Zinkes beschränkt bzw. ausgeschaltet worden.

a) Der Runderlaß vom 3. Juni 1836 der Königl. preuß. Verwaltung für Handel usw. verbietet das Zink für Gerätschaften in Zuckerraffinessen in jeder Form (Kupfer ist erlaubt).

b) Ein Gutachten vom 28. Nov. 1860 des pr. Dep. f. d. med. Wiss. spricht sich gegen die Anwendung jeglicher Art von Zinkgeschirren zur Zubereitung und Aufbewahrung von Speisen und Getränken aus, weil der tägliche Gebrauch auf die Dauer nicht schadlos bleiben könnte*).

c) In neuester Zeit ist im Ministerialblatt für Medizinalangelegenheiten 1918, Bd. 18, S. 273 wieder eine Warnung vor Benutzung verzinkter Stahlblechgefäße zum Einkochen von Obstdauerwaren erlassen worden.

Daß die Löslichkeit des Zinkes übrigens tatsächlich nicht zu unterschätzen ist, beweisen z. B. Versuche von Forster, der zeigen konnte, daß das in Backtrögen mit Zinkblechbelag zubereitete Brot zinkhaltig war. (Zeitschr. f. öffentl. Chemie 1902.) Aus ähnlichen Gründen kommt auch Böhring[18]) zu einer grundsätzlichen Ablehnung der Zinkfolie als Ersatzmaterial für Stanniol, wie sie während der Kriegszeit besonders von den Schokoladenfabrikanten eingeführt und teilweise auch später noch benutzt wurde. E. Salkowski[19]) macht weiter in seiner Arbeit über den Zinkgehalt von Pflaumenmus und den Nachweis desselben darauf aufmerksam, daß starker Zinkgehalt zwar sofort bemerkbar wird, daß aber schwacher Zinkgehalt unbedingt übersehen wird und unter Umständen zu chronischer Zinkvergiftung führen muß. Interessieren dürften weiter Versuche, die Kapeller und Gottfried in den Berichten des Nahrungsmitteluntersuchungsamtes Magdeburg 1916 veröffentlichten. Sie fanden beim Kochen von 2 l 1%iger Essigsäure im Zinkkessel für ½ Stunde 1,59 Zink; beim Kochen von 1%iger Weinsäure innerhalb derselben Zeit sogar 2,75 g. Ließen sie 10 l 0,1%iger Essigsäure bei gewöhnlicher Temperatur über Nacht stehen, und zwar in demselben Kessel, so fanden sie abermals 1,54 g in Lösung gegangenes Zink.

*) Das Schweizer Lebensmittelgesetz verbietet im § 237 das Zink für Gebrauchsgegenstände dieser Art ebenfalls.

2. Handelt es sich darum, Art und Stärke einer Verzinkung eiserner Gegenstände festzustellen, so führt das von P. Bauer[20]) mitgeteilte Verfahren rasch und bequem zum Ziel.

Das Verfahren gründet sich darauf, daß das bei der Feuerverzinkung benutzte Zink stets eisen- und bleihaltig ist, bzw. daß sich bei der Feuerverzinkung eine eisenhaltige Zwischenschicht bildet. Die Methode beruht auf der Schwerlöslichkeit von Eisen in verdünnter Schwefelsäure, welche arsenige Säure enthält, während Zink und die bei der Feuerverzinkung entstandene eisenhaltige Zwischenschicht unter Wasserstoffentwicklung in Lösung geht. Der zu untersuchende Gegenstand wird zunächst gewogen, dann in ein Becherglas eingehängt oder eingestellt und mit einer 2%igen Schwefelsäure, die 2 g Arsenik im Liter enthält, übergossen. Sofort nach dem Ablösen des Zinküberzuges, was an dem Aufhören der Gasentwicklung gut zu erkennen ist, wird die Probe herausgenommen, ein etwaiger Belag mit Watte unter Wasser abgewischt, das Wasser durch Alkohol verdrängt und nach dem Trocknen der Gegenstand zurückgewogen. Die Gewichtsabnahme gibt die Stärke der Verzinkung an. Ein zuverlässiges Merkmal für die Art der Verzinkung ist das Vorhandensein oder Fehlen von Eisen in der verwendeten Arsenik-Schwefelsäure. Bei feuerverzinktem Eisen ist die Säure nach der beschriebenen Behandlung eisenhaltig, bei elektrolytisch verzinktem eisenfrei. Der qualitative Nachweis des Eisens in der Arsenik-Schwefelsäure kann mit Hilfe der Blutlaugensalze oder des Rhodankaliums erfolgen. Für absolute Eisenfreiheit der Reagentien ist Sorge zu tragen.

3. Analytisches (über den qualitativen Nachweis s. Bd. 1, S. 297). Spezielle Vorproben. Um schnell zu entscheiden, ob Gegenstände aus Zinkblech oder aus Weißblech (verzinntes Eisenblech) bestehen, bedient man sich am besten der Methode nach Merl (Pharm. Zentralhalle 1909, Bd. 50, S. 456). Man betupft dazu eine blanke Stelle des Metalles mit Silbernitratlösung. Erhält man dabei auf dem blanken Metall einen schwarzen Flecken von abgeschiedenem metallischen Silber, so liegt Zinkblech vor; Weißblech bleibt hingegen unverändert.

Bei der quantitativen Bestimmung des Zinkes ist daran zu denken, daß es als Legierungsmetall mit Kupfer zusammen vorkommt und daß es fast immer mit geringen Mengen Zinn, Blei, Eisen und Nickel (auch Kadmium) behaftet ist.

Man löst zur Bestimmung etwa ½ g der vorliegenden Legierung in einer Porzellanschale in etwa 20 ccm 30%iger Salpetersäure. Nach völliger Lösung (gegebenenfalls unter Erwärmen!) verdampft man zur Trockne, befeuchtet mit wenig Salpetersäure und nimmt mit etwa 50 ccm heißen Wassers auf. Nach gründlicher Durchmischung läßt man die sich eventuell abscheidende Metazinnsäure absitzen, wäscht mit heißem, salpetersäurehaltigem Wasser gründlichst aus und bestimmt im erhaltenen Niederschlag das Zinn. (Methode wird im Abschnitt Zinn S. 111 besprochen!) Das Filtrat hiervon versetzt man in der Kälte mit etwa 1—2 ccm konzentrierter analysenreiner Schwefelsäure, dampft auf dem Wasserbade ein und erhitzt vorsichtig über freier Flamme bis zum Auftreten der schweren weißen Schwefelsäuredämpfe. Nach dem Erkalten nimmt man mit etwa 50 ccm Wasser und 15 ccm Alkohol auf, filtriert, wäscht und bestimmt das etwa erhaltene Bleisulfat (vgl. Abschnitt Blei). Das hierbei entstandene Filtrat wird auf dem Wasserbade zur Verjagung des Alkohols eingedampft, sodann mit etwa 100 ccm Wasser versetzt und zum Sieden erhitzt. Nun wird bis zum Erkalten der Lösung Schwefelwasserstoff eingeleitet und schließlich von dem etwa ausgefallenen Kupfersulfid (etwa vorhandenes Kadmium fällt mit aus), das mit Schwefelwasserstoffwasser*) gründlich ausgewaschen

*) Das Waschwasser zum Waschen des Kupferniederschlages stellt man sich folgendermaßen her: 100 ccm Schwefelwasserstoffwasser werden versetzt mit etwa 20 ccm 2n-Schwefelsäure. Zum Schluß wäscht man noch mit 5%iger Essigsäure, die vorher mit Schwefelwasserstoff gesättigt wurde.

wurde, abfiltriert. Das Filtrat darf mit Bariumchlorid keine Fällung mehr geben. Das erhaltene Kupfer wird als CuS bestimmt (vgl. Abschnitt Kupfer). Das Filtrat wird nunmehr auf ein kleines Volumen eingedampft bis zur Verjagung des Schwefelwasserstoffes, sodann wird ein klein wenig Bromwasser hinzugesetzt, gekocht und etwaiges Eisen schließlich mit Ammoniak ausgefällt. Der Niederschlag wird abfiltriert, nochmals mit wenig Salzsäure aufgenommen und die Ammoniakfällung wiederholt. Das abfiltrierte gewaschene Eisenhydroxyd wird im Porzellantiegel geglüht und das Eisen als Fe_2O_3 gewogen.

Die beiden Filtrate vom Eisenniederschlag werden zur Zinkbestimmung vereinigt, mit verdünnter Schwefelsäure ganz schwach angesäuert, auf etwa 45° erwärmt unter Hinzugabe von etwa 2 g Ammonsulfat oder Ammoniumchlorid*) und etwa 10—15 Tropfen 2n-Salzsäure auf je 100 ccm vorhandener Filtratmenge. In die warm gehaltene Lösung wird sodann Schwefelwasserstoff bis zur Sättigung eingeleitet und das ausfallende weiße Zinksulfid nach dem Absitzen (über Nacht! eventuell stehen lassen) abfiltriert und mit Schwefelwasserstoffwasser, das auf 100 ccm 2 g Ammoniumchlorid, -sulfat oder -rhodanat enthält, ausgewaschen. Der gewaschene Niederschlag wird sodann getrocknet, in einen gewogenen Rosetiegel gebracht, das Filter in der Platinspirale eingeäschert, und diese Asche ebenfalls in den Rosetiegel gegeben. Im Tiegel mischt man den Niederschlag mit ⅓ seiner Menge reinen Schwefels, bedeckt oben mit einer dünnen Schicht Schwefel und erhitzt im Wasserstoffstrom über einem Bunsenbrenner bis der überschüssige Schwefel verbrannt ist. Sodann läßt man im Wasserstoffstrom erkalten und wägt das erhaltene Zinksulfid. Ist a die eingewogene Substanzmenge und p das gewogene Zinksulfid, so ist x der prozentuale Zinkgehalt der Substanz.

$$x = \frac{100\ Zn}{ZnS} \cdot \frac{p}{a}$$

(für Zn und ZnS ist das Atom- bzw. Mol.-Gew. einzusetzen).

Im Filtrat des Zinksulfides kann man noch etwa anwesendes Nickel bestimmen, indem das durch Kochen schwefelwasserstoffrei gemachte Filtrat mit Nickeldimethylglyoxim versetzt wird (vgl. Abschnitt Nickel).

Bei Abwesenheit von Nickel gestaltet sich die Zinkbestimmung einfacher. Man kann in diesem Falle das leicht angesäuerte Filtrat vom Eisenhydroxyd, das das Zink enthält, in einer Porzellanschale mit Ammoniak so weit abstumpfen, daß es nur noch ganz schwach sauer reagiert; sodann mit Wasser auf etwa 100—150 ccm verdünnen und auf dem Wasserbade erhitzen. In diese warme Lösung gibt man reichlich Ammoniumphosphat (die 10fache Menge des etwa zu erwartenden Zinks). Nach weiterem ¼stündigen Erhitzen filtriert man nach kurzem Stehenlassen die Lösung durch einen Goochtiegel (s. Bd. 1, S. 272) oder dergleichen, wäscht mit heißer 1%iger Ammoniumphosphatlösung aus, bis das Filtrat chlorfrei ist, dann mehrmals mit kaltem Wasser, trocknet bei 100—105° etwa 2 Stunden lang und wägt. Beträgt das Gewicht des Niederschlages p g, so ist Zink $= p \cdot 0{,}36631$.

*) Diese 2 g beziehen sich auf die gesamte Menge des Filtrates (Methode nach Treadwell-Kramers).

2. Zinn.

1. Die Anwendung des Zinn für Gebrauchsgegenstände unterliegt gesetzlich keinerlei Vorschriften. Schädigungen sind auch nur in ganz vereinzelten Fällen in der Literatur beschrieben worden.

So teilt Günther 1899 in der Zeitschr. f. Nahrungs- u. Genußm. (Bd. 2) mit, daß sich nach dem Genuß von Delikateßheringen in Weinbrühe, die in zinnhaltigen Büchsen verpackt waren, Gesundheitsstörungen herausgestellt hätten. (Metallgeschmack, heftige Leibschmerzen, hartnäckige Verstopfung.) Bei der Untersuchung stellte sich heraus, daß in je 100 g Hering bzw. Brühe 103,0 mg bzw. 31,6 mg Zinn enthalten waren. 1908 wird im Berichte über die Lebensmittelkontrolle in Preußen wieder ein Fall mitgeteilt, wo nach dem Genuß zinnhaltiger Dauerwaren ähnliche wie die oben beschriebenen Krankheitssymptome beobachtet wurden. K. K. Järvinen berichtet über Vergiftungen, die 1922 zwei Personen nach dem Genuß von Büchsensardinen erlitten, und die sich in heftigen Magenbeschwerden äußerten. Bei der Untersuchung ergab sich, daß auf 100 g Inhalt 104 mg gelöstes Zinn kamen, und den ganzen anderen äußeren Umständen nach zu urteilen, mußte die Erkrankung als Zinnvergiftung erklärt werden.

Daß tatsächlich die Lösungsverhältnisse des Zinnes ganz erheblich sein können, zeigen neben Untersuchungen von K. B. Lehmann[21]), der in 1 l pflanzlicher Dauerwaren, die in verzinnten Eisenbüchsen verpackt waren, 100—150 mg Zinn, bei tierischen Dauerwaren 50—100 mg Zinn und gelegentlich auch mehr fand, auch Veröffentlichungen von J. König[22]), der 1913 bei Büchsenspargeluntersuchungen im Spargel selbst pro Kilogramm etwa 10—170 mg Zinn und in der Spargelbüchse 13—105 mg pro 100 ccm fand. Interessant dürften in dieser Hinsicht Versuche von Salvant, Rieger und Treuthardt sein, die nach subkutaner Zufuhr löslicher Zinnsalze Zinn im Harn und im Verdauungskanal nachweisen konnten. 25% der zugeführten Menge konnten in der Haut und etwa 5% in der Leber wiedergefunden werden.

Bei der Verfütterung der Zinnsalze an Ratten über die Dauer von 4 Monaten konnten nach der Tötung in den Organen erhebliche Mengen Zinn festgestellt werden. Der Magen-Darmkanal ist nach Untersuchungen der Autoren das wichtigste Organ für die Zinnausscheidung, die im übrigen langsam vor sich geht (abgesehen von den beiden ersten Tagen). Unter bestimmten Bedingungen wird Zinn im Magen-Darmkanal absorbiert. Andererseits zeigen wieder tierexperimentelle Arbeiten von K. B. Lehmann, der jahrelang Zinnmengen von der Größenordnung, wie sie in Lebensmitteln auftreten können, an Tiere verfütterte, daß das dem Körper zugeführte Zinn keinerlei Gesundheitsstörungen hervorrief.

Aus einer weiteren Arbeit von Strunk[23]) geht hervor, daß Kaffeeaufguß auf Weißblech (Sieb u. dgl.) gebracht, dessen Verzinnung sogar 10% Blei enthielt, nicht lösend einwirkt. Sich bei etwaiger Rostbildung vom Weißblech ablösende Zinnteilchen sollen unbedenklich sein.

Ganz neuerdings berichtet Zellner[24]) über eine umfangreiche Vergiftung nach dem Genuß von Speisen aus verzinnten Eisenblechtransportgefäßen. In einem Berliner Restaurant wurde in größerem Umfange Essen zubereitet und an mehreren Stellen in verzinnten neuen Eisenblechgefäßen mit Luftisoliermantel heiß transportiert. Wurden in diesen Gefäßen essighaltige Speisen für 1—1½ Stunden aufbewahrt, so erkrankten an mehreren Tagen jeweils etwa 30—40 Personen. (Etwa 2 Stunden nach Genuß heftiges Erbrechen, Durchfälle, Magen-Darmbeschwerden. Völlige Heilung in etwa 3—4 Tagen.) Bei der Analyse ergab sich, daß die Verzinnung nur 0,27% Blei daneben aber 0,039% Arsen enthielt. Eine einfache Arsenvergiftung wird nicht angenommen, vielmehr soll die Verzinnung unsorgfältig durchgeführt worden sein und es zur Bildung von Arsenwasserstoff gekommen sein. Bereits nach 10tägigem Gebrauch waren die Gefäße zum Teil durchgerostet und die Farbe des Zinns in dieser kurzen Zeit schon auffallend dunkler geworden.

2. Analytisches. Neben der bei Zink mitgeteilten Zinnreaktion ist die Goldprobe ein sehr empfindlicher Nachweis. In Salzsäure gelöstes Metall wird tropfenweise zu einer verdünnten Goldchloridlösung gegeben. Bei Anwesenheit von Zinn erscheint die Flüssigkeit im durchfallenden Licht blaugrün, im auffallenden Licht braun gefärbt.

Zur quantitativen Bestimmung geht man am besten so vor, wie bei Zink beschrieben ist. Das sich als Metazinnsäure abscheidende Zinn wird nach völligem Absitzen filtriert und der Niederschlag auf dem Filter mit heißem, salpetersäurehaltigem Wasser gründlich gewaschen. Da dieser Niederschlag nun niemals rein ist, sondern stets geringere oder größere Mengen mitgefällter fremder Oxyde enthält, so muß er gereinigt werden. Man spült zu diesem Zwecke den Niederschlag in eine Porzellanschale, dampft auf dem Wasserbade zur Trockne, fügt 1 ccm reine Natronlauge und 10—15 ccm konzentrierter Schwefelnatriumlösung*) hinzu, bedeckt die Schale mit einem Uhrglas und erhitzt auf dem Wasserbade (½—¾ Stunde lang). Hierbei bleiben die fremden Oxyde ungelöst und werden abfiltriert. Bei ganz sorgfältigem Arbeiten muß nun noch das Filter, durch das zuerst filtriert wurde, aufgearbeitet werden, indem man es ebenfalls in einer Schale mit 1 ccm Schwefelnatriumlösung behandelt, ½ Stunde lang erwärmt und erneut durch ein möglichst kleines Filter filtriert und mit wenig heißem Wasser wäscht. Das Filtrat wird mit dem erst erhaltenen Filtrat vereinigt, mit Essigsäure angesäuert und bis zur Vertreibung des Schwefelwasserstoffes gekocht. Sodann filtriert man, wäscht einmal mit Wasser und bringt den Niederschlag in ein Becherglas. Den am Filter haftenden Rest des Niederschlages bringt man durch Abspritzen in das Becherglas. Dazu gibt man nun 10 ccm 50%iger Kalilauge für je 0,2 g zu erwartendes Zinn und nach der Lösung des Niederschlages einige Tropfen Methylorange. Nun wird tropfenweise bis zur gerade beginnenden Rotfärbung verdünnte Salpetersäure hinzugefügt, sodann noch Ammoniumnitrat**) hinzugegeben. Man verdünnt dann mit Wasser (ca. 300 ccm) und kocht längere Zeit, filtriert ab und wäscht mehrmals mit heißem, ammoniumnitrathaltigem Wasser. Den erkalteten Niederschlag trocknet man, glüht und wägt ihn als Zinndioxyd (SnO_2)***). Ist p das Gewicht des bis zur Konstanz gewogenen SnO_2, so ist Zinn $= p \cdot 0{,}78766$†).

3. Nickel.

1. Gesetzlich sind gegen die Verwendung des Nickels zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen keinerlei Einschränkungen gemacht, und mit Recht; haben doch eingehende Untersuchungen[25]) ergeben, daß eine tägliche Zufuhr von sogar 10 mg Nickelsalzen pro Kilo Körpergewicht über

*) Die Schwefelnatriumlösung kann man sich entweder bereiten durch Auflösen des reinsten Handelsschwefelnatrium in Wasser, oder durch Kochen (mehrere Stunden lang) einer aus reinem Natrium hergestellten Natriumhydroxydlösung, die vorher mit Schwefelwasserstoff gesättigt wurde. Das Kochen muß im Wasserstoffstrom geschehen. (Gehalt dieser Lösung nach F. Wegelin 69% NaSH und 31% Na_2S.)

**) Man neutralisiert 20 ccm konzentrierten Ammoniak genau mit Salpetersäure (Bürette).

***) Da das Zinndioxyd Schwefelsäure hartnäckig zurückhält, so läßt man nach dem ersten Glühen vor dem Gebläse erkalten, fügt ein erbsengroßes Stück Ammoniumkarbonat hinzu, bedeckt den Tiegel und erhitzt von neuem. Diese Prozedur muß gegebenenfalls so lange wiederholt werden, bis beim Wägen. Gewichtskonstanz erreicht ist.

†) In dem Filtrat der Zinnbestimmung kann nun weiter Cu, Cd, Pb, Fe, Zn und Ni gegebenenfalls bestimmt werden.

200 Tage hin bei Hunden und Katzen keinerlei Störungen des Wohlbefindens oder der Gesundheit hervorriefen (Lehmann).

Derselbe fand in natürlicher Rindsleber 0,2 mg, im Ochsenfleisch 0,8—1,6 mg und im Spinat 0,66 mg Nickel. Dzerzgowsky und Schumoch-Sieben[26]) bestätigen diese Ergebnisse von Lehmann. Bei täglicher Verfütterung von 50—100 mg organischer Nickelsalze über die Dauer von 7 Monaten konnten sie an 12 Hunden keinerlei Gesundheitsstörung feststellen. Organe, Säfte und Harn waren nickelfrei. Auch Reizwirkungen im Darm oder Verdauungsstörungen konnten nach Genuß von Nickelmengen, wie sie mit Speisen, die in Nickelgefäßen zubereitet wurden, in den Magen-Darmkanal gelangen können, nicht beobachtet werden. Erst bei subkutaner Zufuhr von 10,6—21,6 mg Nickelsalz pro Kilo Körpergewicht traten Erbrechen und Durchfall ein. Über die Mengen, die bei der Zubereitung der Speisen in Nickelgefäßen als Nickel in Lösung gehen, gibt eine Arbeit von E. Ludwig[27]) Auskunft. 100 g untersuchter, in Nickelgefäßen gekochter oder zubereiteter Fleisch- oder Mehlspeise, Gemüse, Milch, Tee enthielten höchstens 2,6 mg Nickel; saure Speisen, wie Sauerkraut, Pflaumenmus, Essigkraut usw. enthielten mehr bis zu 12,9 mg Nickel.

Versuche von Farnsteiner[28]) und Mitarbeiter ergaben, daß beim Kochen von Fleisch und Weißkohl und ebenso beim 1stündigen Kochen einer 5%igen Kochsalzlösung im Nickeltopf keine wägbaren Spuren Nickel erhalten wurden. Erst wenn ein Gemisch von 5%iger Kochsalzlösung und 4%iger Essigsäure 1 Stunde lang gekocht wurde, waren im Liter der Lösung 0,057 g Nickel nachzuweisen. G. Benz erhält in seinen Versuchen allerdings höhere Werte. Beim Kochen mit 4%iger Essigsäure findet er 0,349 g Nickel pro Liter, und beim Kochen von Meerrettich in demselben 0,187% Nickel. K. B. Lehmann[29]) fand beim Kochen der verschiedensten Speisen in Nickelgefäßen pro Kilogramm der Speise nur 3,5—64,0 mg Nickel. Sogar saure Speisen wie Sauerkraut und Pflaumenmus zeigten keine anderen Lösungsverhältnisse wie die übrigen Speisen. Sicherlich ist die Güte der von den einzelnen Untersuchern verwendeten Nickelgefäße auf die erhaltenen Resultate nicht ohne Einfluß. Das bestätigen übrigens sehr hübsch Versuche von M. Vük[30]), der auf dem Wasserbade 700 ccm 5%iger Essigsäure auf einer Oberfläche von 16800 qmm Nickel verschiedenen Fabrikates 2½ Stunden lang erwärmte. Dabei gaben ab:

Gewalztes Nickel	15,5—16,9	mg	Nickel	pro	Quadratdezimeter
Gegossenes Nickel	25,5—28,8	„	„	„	„
Elektrolytisches Nickel . .	30,6—30,8	„	„	„	„
Gezogenes Nickel	33,1—39,0	„	„	„	„
Berndorfer Reinnickel . .	61,4—65,4	„	„	„	„

Jedenfalls würde eine tägliche Nickelzufuhr von 117 mg Nickel, die der Mensch nach Rechnungen von K. B. Lehmann zu sich nehmen würde, wenn sämtliche Speisen in Nickelgeschirren hergestellt würden, keinesfalls schädlich sein.

2. Analytisches. Als Verunreinigungen des Nickels findet man Kobalt, Eisen, Mangan, Zinn und Arsen.

Qualitativ ist Tschugaeffs Nickelreagens die beste Probe. Man befeuchtet den zu untersuchenden Gegenstand mit ein paar Tropfen konzentrierter Salzsäure oder Salpetersäure und zieht die entstandene Lösung in einem Streifen Fließpapier auf, macht mit Ammoniakdampf ammoniakalisch, säuert mit Essigsäure an und gibt etwas einer gesättigten, alkoholischen Lösung von α-Dimethylglyoxim hinauf. Rote Färbung, die mit der Zeit intensiver wird, zeigt Nickel an. (Nachweis v. Branchi und Di Nola, Zeitschr. f. Nahrungs- und Genußm. 1912, Bd. 23, S. 606.)

Auf kleine Mengen Kobalt kann man prüfen, indem man eine salzsaure Lösung des zu untersuchenden Metalles mit dem gleichen Volumen Alkohol versetzt, erwärmt, frisch bereitete α-Nitroso-β-Naphthollösung (gelöst in 50%iger Essigsäure) hinzugibt und kocht. Purpurroter Niederschlag (bei sehr kleinen Mengen erst nach längerer Zeit) zeigt Kobalt an.

Zur quantitativen Nickelbestimmung hält man sich an die Vorschrift, die im Abschnitt Zink mitgeteilt ist. Das nach der Zinkabscheidung erhaltene Filtrat befreit man durch Kochen vom Schwefelwasserstoff und stumpft es gegebenenfalls durch Kalilauge so weit ab, daß es ganz schwach

sauer reagiert. Die Lösung, die man so weit verdünnen soll, daß pro 200 ccm 0,1 g Metall vorhanden ist, erhitzt man und versetzt sie dann mit der 5fachen Menge 1%ig alkoholischer Dimethylglyoximlösung (das Volumen dieser Lösung darf nicht mehr sein als das halbe Volumen der zu fällenden Lösung) und macht ammoniakalisch (bis Geruch auftritt). Sodann filtriert man durch einen Gooch-Neubauer-Platintiegel, wäscht mit heißem Wasser mehrmals aus, saugt die Flüssigkeit gründlich ab, trocknet bei 110—120° bis zum konstanten Gewicht und wägt. Ist a die angewandte Menge Substanz, p die Menge des gefundenen Nickeloxims, so ist

$$\frac{p \cdot 20{,}31}{a} = \text{Prozent Nickel.}$$

Will man auch etwa anwesendes Kobalt quantitativ bestimmen, so teilt man vor der Nickelfällung die Flüssigkeit in zwei gleiche Teile und bestimmt in dem einen Fall, wie oben beschrieben, ohne Rücksicht auf Kobalt, das Nickel. Im anderen Teil scheidet man beide Metalle elektrolytisch ab und bestimmt aus der Differenz das Kobalt. Überwiegt die Kobaltmenge voraussichtlich das Nickel, so muß man bei der Nickelfällung die doppelte bis dreifache Menge Dimethylgloxymlösung hinzugeben.

3. Elektrolytische Abscheidung von Nickel und Kobalt. Zur Elektrolyse verwendet man am besten 25 ccm der Nickel-Kobaltlösung, die man mit etwa 6 g Ammoniumsulfat versetzt und mit Ammoniak stark übersättigt (etwa 50 ccm 25%iges Ammoniak). Sodann verdünnt man auf rund 125 ccm und elektrolysiert in einem Becherglas von etwa 200 ccm. Man benötigt dazu folgende Apparate: Eine gewogene Drahtnetzelektrode von 50 qcm Oberfläche, eine Spiralelektrode, zwei Bleiakkumulatoren (hintereinandergeschaltet!), ein Ampèremeter (0—1 A), ein Voltmeter (0—5 V), ein doppelt durchbohrtes, durchschnittenes Uhrglas zum Zudecken des Becherglases, einen Regulierwiderstand (5 Ω 2 A).

Die Klemmenspannung muß betragen 2,8—3,5 V; die Stromstärke für die 50 qcm Elektrode 0,5—0,7A. Man elektrolysiert mindestens 6 Stunden; am besten läßt man über Nacht stehen*).

Nach Beendigung der Analyse entfernt man die Elektroden und prüft die Lösung durch Zugabe einiger Tropfen Dimethylglyoxim auf die Vollständigkeit der Abscheidung. Entsteht ein deutlicher Niederschlag (eine leichte Trübung kann vernachlässigt werden), so ist die Analyse zu wiederholen.

Die herausgenommene Elektrode wäscht man mit Alkohol, trocknet sie durch Hochhalten über eine Gasflamme und wägt sie wieder, nachdem man sie im Exsikkator hat erkalten lassen.

Die Reinigung der Elektrode geschieht folgendermaßen: Man stellt die Elektrode so in ein Becherglas mit 1 : 1 verdünnter Salpetersäure, daß sie vollständig umspült wird. Dann erhitzt man zum Sieden mindestens 15 Minuten lang und glüht sie anschließend gründlich aus. Läuft die Elektrode dabei farbig an, so war das abgeschiedene Metall nicht restlos entfernt worden, und die Säurebehandlung muß wiederholt werden. Eventuell mischt man nach einer Vorschrift von Dr. Seligmann der Salpetersäure etwas Kupfersalz bei.

*) Sollten Flocken in der Lösung schwimmen, so handelt es sich wahrscheinlich um Mangan. Es kann bei mäßigen Mengen vernachlässigt werden.

4. Blei.

1a) Die Giftigkeit gelöster Bleisalze, selbst in geringen Mengen, ist allgemein bekannt. Bei fortgesetzter Bleizufuhr sammelt es sich in Depots, und zwar vor allem in der Leber, dem Gehirn und den Knochen an und bedingt schwere Körperschädigungen (klinische Erscheinungen, sowie Veränderungen des Blutbildes s. dieses Kapitel, Abschnitt A, S. 81).

Daher ist es verboten, für die Herstellung von Gebrauchsgegenständen, namentlich von Eß-, Trink- und Kochgeschirren reines Blei zu verwenden. Gestattet ist das Blei als Element nur für die Herstellung von Leitungsröhren für Wasseranlagen. Die Gefahr der Bleivergiftung besteht hier nur dann, wenn die bleiernen Leitungsröhren zeitweise zugleich mit Luft (Sauerstoff, Kohlensäure) und Wasser gefüllt sind. Dabei bildet sich dann Bleihydrat, das ungefähr zu 120 mg pro Liter löslich ist. Wässer, die freie Kohlensäure enthalten, begünstigen die Auflösung erheblich. Größere Mengen Blei finden sich übrigens im Wasser, das längere Zeit, z. B. über Nacht, im Rohr gestanden hat, und es ist daher ratsam, das erste Wasser am Morgen unbenutzt abfließen zu lassen. Man muß sagen, daß erst eine Menge von weniger als 0,3 mg Blei pro 1 l Wasser als unschädlich angesehen werden darf.

Hinsichtlich der Verwendung von verzinnten Bleituben für kosmetische Mittel, Zahnpasten u. dgl. kommt Beythien[31]) zu der Ansicht, daß ein völliges Verbot nicht angebracht wäre; man könnte sich vielmehr mit der vom Reichsgesundheitsamt in Aussicht genommenen Vorschrift „Bleituben zur Aufbewahrung kosmetischer Mittel müssen einen inneren zinnplattierten lückenlosen Überzug haben" zufrieden geben.

H. Schlegel[32]) stellte bei der Untersuchung von Küchengeräten, wie Reibeisen, Gemüsereiben, Seiher und Trichter, fest, daß bei ihrer Herstellung zum Teil ein Weißblechersatz mit einem Bleigehalt von 75—90% Blei verwendet worden war. Die Verzinnung einer Fruchtsaftpresse enthielt 20% Blei. Letzteres konnte direkt auf Grund § 3 des Blei-Zinkgesetzes beanstandet werden. Bezüglich der Küchengeräte äußerte sich das Reichsgesundheitsamt dahin, daß das ein Verstoß gegen § 1 des Blei- und Zinkgesetzes, sowie gegen § 12 des Nahrungsmittelgesetzes bedeute. Daraufhin wurde vom Magistrat Nürnberg eine Warnung vor derartigen Gegenständen erlassen. Sind diese Gegenstände auch nicht direkt Kochgeschirre, so müssen sie doch als Hilfsmittel für die Zubereitung von Speisen gelten; dies rechtfertigt somit die Warnung.

1 b) Häufiger als reines Blei findet man eine Legierung zusammen mit Zink in der Praxis. Es interessieren hier zunächst folgende Anwendungsformen:

- α) als Lot zur Verbindung zweier Metallteile zwecks wasser- und luftdichten Abschlusses,
- β) als Überzug (Verzinnung anderer Metalle; z. B. des Eisens beim Weißblech),
- γ) als Legierung als solche (kompakt in der Verarbeitung von Gefäßen, Deckeln usw., dünn ausgewalzt als Metallfolie zum Einpacken usw.).

Im einzelnen ist dazu folgendes zu bemerken:

ad α) Wie wichtig die Untersuchung des Lots werden kann, zeigen Untersuchungen von H. Serger[33]), der in 6 Proben Lot von Konservenbüchsen 30,2—48,7% Blei fand, während nur 10% erlaubt sind. Nach König ist allerdings Bleivergiftung durch den Inhalt von Konserven-

büchsen nur dann zu befürchten, wenn die Verlötung durch Handwerker besorgt wird, während im Fabrikbetrieb mehr geschweißt als gelötet wird und hierbei keine Metallteile in das Innere der Büchse dringen können*) [34]).

ad β) Der Bleigehalt der Verzinnung soll höchstens 1% betragen. Bei Konservenbüchsen soll die Blechwandung bei großen Dosen nicht mehr als 0,35 mm, bei kleineren nicht mehr als 25 mm betragen. Die Dicke der Verzinnung soll bei gut verzinnten Blechen nach Serger so sein, daß 100 ccm Blech einseitig nur einen Zinnbelag von 0,15 g haben; bei doppelseitiger Verzinnung sollen 100 ccm Blech bei einem Gewicht von 20 g einen Zinngehalt von 1,5% enthalten.

Nach folgendem Verfahren läßt sich die Menge der Verzinnung feststellen [nach Untersuchungen von M. Wintgen[35]) das beste Verfahren]**):

5 × 5 cm gut gereinigtes Weißblech werden in kleine Schnitzel geschnitten, auf dem Uhrglase getrocknet und nach dem Erkalten im Exsikkator genau gewogen. Sodann werden sie mit 30 ccm Wasser übergossen, auf 80° erwärmt und unter andauerndem Rühren mit etwa 1 g Natriumsuperoxyd versetzt. Nach Kochen von 2 Minuten unter dauerndem Rühren wird abermals 1 g Natriumsuperoxyd hinzugegeben und wieder 2 Minuten gekocht. Die restierenden Schnitzel werden sodann mit aqua dest. und schließlich mit Alkohol gewaschen, bei 100° getrocknet und auf demselben Uhrglas wie oben gewogen. Gewichtsdifferenz mit 4 multipliziert gibt die Menge des Zinn- und Bleiüberzuges auf 100 ccm Blech (Methode nach Meyer-Serger).

Äußerlich pflegt man die Dosen mit einem Lack (gewöhnlich ein Kopal-Leinölfirnis) zu überziehen. Diese, sowie die auf dem Wege des Steindrucks noch aufgedrückten Farben und Verzierungen dürfen keine Schwermetalle enthalten und müssen frei von gesundheitsschädlichen Farben sein. Zur Bestimmung und Untersuchung dieser Verzierungsschicht schlägt Serger folgendes vor:

5×5 verziertes Blech wird sauber mit Aqua dest. ohne Verwendung von Bürsten gewaschen, bei 100° getrocknet, dann gewogen. Hierauf behandelt mit 7,5%iger Natronlauge. Erwärmt auf ca. 60° (Temperatur etwa 10 Minuten lang halten). Abspülen der Bleche unter der Wasserleitung und mit Aqua dest., Trocknen bei 100° und wägen. Gewichtsunterschied mal 4 gibt Lackmenge für 100 ccm Blech. Die Lacklösung wird gegebenenfalls auf Schwermetalle, Arsen usw. untersucht (Ansäuern mit Salzsäure).

Zur Gewinnung von einwandfreiem Untersuchungsmaterial für quantitatives Arbeiten erweicht man am besten die Verzinnung über einem gewöhnlichen Bunsenbrenner und schabt sie mit einem stumpfen Messer ab. Sollte es so nicht gelingen, so muß in einer Zwischenuntersuchung das Eisen bestimmt werden.

ad γ) Vgl. den analytischen Abschnitt Blei.

Besonders zu erwähnen sind in diesem Zusammenhange noch die metallenen Spielwaren, die nach H. Stockmeyer[36]) in folgende Gruppen einzuteilen sind:

$\alpha\alpha$) in solche, die in den Mund genommen werden, wie Trillerpfeifen, Kindertrompeten, Schreihähne u. dgl. aus Blei-Zinnlegierungen bzw. Zink;

$\beta\beta$) in Puppengeschirre für Kinderkochherde u. dgl. aus Blei-Zinnlegierungen bzw. verzinntem Kupfer- und Eisenblech;

*) Man entnimmt die Probe zur Untersuchung so, daß man das Lot bis zum Erweichen erwärmt, und dann mit einem stumpfen Messer die erweichten Teile abschabt. Eine solche Probe soll einwandfrei sein.

**) Vgl. auch die Vorschrift des Reichsgesundheitsamtes (1902, Heft III, S. 119).

γγ) in Bleisoldaten und Zinkkompositionsfiguren, die nur zufällig und vorübergehend in den Mund genommen werden.

Nach H. Stockmeyer ist in Speichelauszügen nach Behandlung von Legierungen mit 10%, 40% und 80% Bleigehalt mit Speichel während 2 Stunden bei 37° kein Blei nachzuweisen gewesen. Spuren waren nachzuweisen bei der gleichen Behandlung einer Legierung von 80% Blei und 20% Antimon. Ähnliche Ergebnisse lieferten Untersuchungen von A. Beythien[37]) und C. Fraenkel[38]). Nur Mezger und Fuchs[39]) kommen zu ungünstigeren Resultaten unter Verwendung allerdings von Versuchsbedingungen, die in Wirklichkeit schwerlich eintreten werden. Zusammenfassend sind nach C. Fraenkel Kinderspielwaren mit 35—40% Bleigehalt als unbedenklich anzusehen. Derselben Ansicht ist A. Gärtner[40]), der anführt, daß in der Zeit von 1889—1899 nur fünf Bleivergiftungen vorgekommen sind, die auf bleihaltige Gebrauchsgegenstände zurückgeführt werden müssen.

Schließlich können gelegentlich, je nach ihren Anwendungsformen, auch Legierungen von Zinn und Antimon mit Blei, Kupfer, Eisen und Zink das Interesse des Hygienikers beanspruchen. Diese Legierungen, die unter den Namen Britanniametall, Weißguß, Antifriktionsmetall bekannt sind, müssen dann vor allem auf Blei- und Kupfergehalt untersucht werden.

1c) Eine dritte Gruppe von bleiführenden Gebrauchsgegenständen können Eß-, Trink- und Kochgeschirre aus Ton mit entsprechender Glasur bzw. aus Metall mit entsprechender Emaillierung sein. Die Emaillierungen sind meistens bleifrei; die Glasuren meistens reichlich bleihaltig (Bleioxyd); als Grundbestandteile enthalten beide im wesentlichen Kieselsäure, Tonerde, Kalk, Magnesia, Alkalien.

Die Färbungen der Glasuren werden durch Zusätze geringer Mengen Kupfer, Kobalt, Nickel, Chrom, Antimon usw. hervorgerufen.

Wie früher (S. 97) bereits hervorgehoben, dürfen Gefäße, die mit Email oder Glasur versehen sind, bei halbstündigem Kochen mit 4%iger Essigsäure kein Blei an dieselbe abgeben. Außerdem ist zu fordern, daß das Email und die Glasur keine Risse zeigt und nicht abblättert. In einem solchen Falle konnte K. B. Lehmann eine akute Vergiftung beobachten. K. B. Lehmann[41]) untersuchte 30 glasierte Tongeschirre mit der Essigsäuremethode und fand in 33% kein Blei, in 23% 1—5 mg Blei, in 20½% 5—10 mg Blei, in 6% 29—42 mg Blei und in 16% 180—300 mg Blei. Die größte Menge Blei ergab stets die erste Behandlung. In einigen Fällen fand Lehmann auch Zinn und Antimon*). Während der Kriegszeit fanden Klostermann und Scholte[42]) anläßlich der Erkrankung von neun Familien an Vergiftungserscheinungen nach Genuß von Pflaumenmus, das in bleihaltigen Emaillekesseln zubereitet war, in den einzelnen Musproben 0,033—0,104 g Blei pro 100 g Mus. Der sonst unbedingt auffällig gewesene Bleigeschmack war durch den Obstgeschmack überdeckt worden.

Das Reichsgesundheitsamt schreibt für die Untersuchung folgendes vor:

„Die zu untersuchenden Gefäße müssen zunächst durch zweimaliges Ausbrühen mit heißem Wasser gut gereinigt werden. Die durch halbstündiges Auskochen mit 4%iger Essigsäure erhaltene Flüssigkeit wird mit Salzsäure angesäuert und mit Schwefelwasserstoff behandelt; eine schwarze Fällung zeigt die Anwesenheit von Blei und Kupfer an. Entsteht lediglich

*) In der Schweiz und in Österreich darf der Essigsäureauszug auch kein Zink enthalten. In England sind Bleiglasuren verboten, die an die 1000fache Menge einer wässerigen 0,25% HCl enthaltenden Salzsäure mehr als 5% Blei — als Monoxyd berechnet — abgeben.

eine Gelb- oder Braunfärbung, so ist die Untersuchung zu wiederholen und bei zweifellosem Ausfall der zweiten Probe ein weiterer Nachweis des Bleisulfids durch Überführung in Bleisulfat oder Bleichromat zu erbringen. Der Essigauszug ist, wenn nötig, auf Kupfer, Zinn, Nickel, Zink, Arsen und Borsäure zu prüfen. Für den Fall einer Beanstandung ist eine quantitative Bestimmung des in Lösung gegangenen Metalls zu empfehlen."

Soll das Email oder die Glasur zur Analyse für sich gewonnen werden, so verfährt man am besten nach der Vorschrift von König*), nach der man das Email durch Hammerschläge von außen abtrennt, fein pulvert und das mit abgeschlagene Eisen mit Hilfe eines Magneten herauszieht. Handelt es sich um Porzellan oder Ton, so reinigt man die Emaille durch Abschleifen der Scherbenteilchen. Bei Glasuren wird ähnlich verfahren, oder aber (bei bleihaltigen Glasuren) man behandelt mit starker kochender Salzsäure, die die Bleiglasuren völlig aufschließt, ohne die Scherben merklich anzugreifen.

Näher besprochen soll im folgenden nur die quantitative Bestimmung des Blei allein werden, die völlig genügt, um den Hygieniker für Beanstandungen Unterlagen experimenteller Art zu verschaffen. Einzelheiten über die genauere chemische Zusammensetzung von Emails und Glasuren sind zu finden in König, Chemie der menschl. Nahrungsmittel usw. III, 3, S. 808ff.

2. Analytisches. a) Bei Legierungen gibt die Probe nach Merl[43]) in einfacher Weise Anhaltspunkte, ob eine Legierung bleihaltig ist oder nicht. Aus dem verschiedenartigen Ausfall der Probe lassen sich sogar annähernd Schlüsse in quantitativer Hinsicht ziehen. Zur Ausführung der Vorprobe erhitzt man etwa ½ g Substanz mit etwas Jod in schwer schmelzbarem Reagenzröhrchen bis zum beginnenden Schmelzen. Nach Erkalten der Schmelze kocht man sie mit Wasser (10 ccm), bis das überschüssige Jod verdampft ist, und das Gesamtvolumen der Flüssigkeit auf etwa 4 ccm zusammengeschmolzen ist; sodann wird heiß filtriert, und in der erkalteten Lösung scheiden sich bei einem Gehalt von 0,5% Blei goldschimmernde Kristalle vom Jodblei ab. Bei geringerem Prozentgehalt findet keine Ausscheidung statt.

b) Bei Emails und Glasuren von Geschirren hat sich die Bleiprobe von R. D. Landrum[44]) bewährt. Nach Landrum wird ein Stückchen Fließpapier mit reiner Flußsäure befeuchtet und dieses dann auf die zu untersuchende Glasur bzw. das Email für einige Minuten gelegt, dann wird das Papier und die anhaftende breiartige Masse in eine Platinschale gespült und mit Schwefelwasserstoff geprüft. Zur quantitativen Bestimmung des Bleies verfährt man am besten, wenn es sich um eine Legierung handelt, so, wie bereits im Abschnitt Zink beschrieben**). Wie dort ausgeführt, versetzt man das Filtrat von der Abscheidung der Metazinnsäure mit 1 ccm reiner konzentrierter Schwefelsäure, verdampft im Wasserbade soweit als möglich, erhitzt vorsichtig über freier Flamme bis zum Auftreten der Schwefelsäuredämpfe und setzt nach dem Erkalten dem Rückstande etwa 50 ccm Wasser und 15—20 ccm Alkohol hinzu. Nach sorgfältigem Umrühren wird filtriert, und zwar am besten durch einen Gooch- oder Neubauertiegel. Der Niederschlag wird zunächst mit einer Lösung

*) König, Chemie der menschlichen Nahrungsmittel III, Bd. 3, S. 806.

**) Ist die Gegenwart von viel Eisen zu erwarten, so schließt man besser etwa 0,5—1,0 g Substanz mit Königswasser auf. Dann gibt man Ammoniak im Überschuß zu, leitet Schwefelwasserstoff ein, filtriert ab, erwärmt den Niederschlag mit Schwefelammonium, wäscht aus und löst schließlich in verdünnter Salpetersäure. Die Lösung dampft man dann mit Schwefelsäure ein und verfährt wie oben beschrieben weiter. (Aufschluß nach Spaeth, Pharm. Zentralbl. 1909, Bd. 50, S. 865.)

von 4 ccm konzentrierter reiner Schwefelsäure + 100 ccm Wasser + 100 ccm Alkohol und dann nochmals mit Alkohol (95%) gewaschen. Nach dem Trocknen bei 100° wird kurz über der vollen Flamme eines Teklubrenners geglüht. (Einsetzen des Tiegels in einen mit Asbestring versehenen Porzellantiegel.) Ist nach erfolgtem Wägen bis zur Konstanz p das Gewicht des Niederschlages, so ist Blei = p · 0,68324.

Ist das Ausgangsmaterial keine Legierung, sondern z. B. Email oder Glasur, so behandelt man in einer Platinschale etwa 1—2 g Substanz längere Zeit mit Flußsäure unter steter Erneuerung derselben bis zum völligen Aufschluß. Der Rückstand wird dreimal mit Salpetersäure zur Trockne gedampft und schließlich mit heißem Wasser aufgenommen. Bei gelungenem Aufschluß ist diese Lösung jetzt klar. Gegebenenfalls wird mit dem Ungelösten nach erfolgtem Abfiltrieren der Aufschluß wiederholt. Aus der nunmehr erhaltenen salpetersauren Lösung wird das Blei mit Schwefelsäure gefällt und als Bleisulfat, wie unter b) mitgeteilt, bestimmt.

c) Eine bequeme Bestimmungsmethode gerade für das Blei ist die kolorimetrische. Bei diesem Verfahren schließt man aus der Farbe der Lösung in geeigneter Weise mit Hilfe von Vergleichslösungen mit bekanntem Gehalt auf den Gehalt der zu untersuchenden Lösung. Man benutzt die kolorimetrische Arbeitsweise am besten dann, wenn es sich um Bestimmungen sehr kleiner Stoffmengen handelt [45]).

Die Bleibestimmung nimmt man in einer sehr verdünnten, neutralen Bleinitratlösung vor und stellt sich zunächst die Vergleichslösung mit bekanntem Bleigehalt her. Zu diesem Zweck trocknet man etwa 1 g durch Umkristallisieren gereinigtes käufliches Bleinitrat bei 120°, wägt 0,0160 g ab und löst es quantitativ in 1 l Wasser auf. Eine solche Lösung A enthält pro Kubikzentimeter 0,01 mg Blei. In den üblichen Meßkolben füllt man nun je 10, 20, 30 und 40 ccm der Lösung A auf 50 ccm auf und hat nun vier weitere Lösungen, die pro Kubikzentimeter 0,002 mg, 0,004 mg, 0,006 mg und 0,008 mg Blei enthalten. Sind keine Kolorimeterzylinder mit passendem Gestell vorhanden, so sucht man sich etwa 10 gleich weite und gleich dicke Reagenzröhrchen heraus, markiert sich bei allen die vom Boden aus zu messende Höhe, die etwa 10 ccm betragen soll, mit einer Marke und füllt die Bleilösungen bis zur Marke in die Röhrchen hinein. Sodann gibt man zu allen aus der Pipette je 4 Tropfen farblose, frisch bereitete 10%ige Natriumsulfidlösung hinzu, schüttelt sehr gut durch und kann je nach dem verschiedenen Bleigehalt der Röhrchen, wenn man von oben her durch sie gegen einen gleichmäßig mit diffusem Licht beleuchteten, weißen Hintergrund (schräggestelltes Blatt Papier oder dergleichen) hindurchsieht, eine verschiedene Farbtönung beobachten. Die auf ihren Gehalt zu untersuchende Lösung bereitet man sich ebenso vor und vergleicht die Röhrchen einzeln mit jedem der Vergleichsröhrchen. Stellt man z. B. fest, daß die gesuchte Konzentration zwischen 0,004 mg/ccm und 0,006 mg/ccm liegt, so stellt man sich drei neue Vergleichsröhrchen mit den Konzentrationen 0,0055, 0,0050, 0,0045 mg/ccm her, indem man je 27,5 ccm, 25 ccm und 22,5 ccm der Lösung A auf 50 ccm auffüllt. Durch weitere Verdünnungen kann man bei exaktem Arbeiten 0,0005 mg/ccm Blei genau bestimmen. Ist der Bleigehalt der zu untersuchenden Lösung zu groß, wird also die Trübung zu undurchsichtig, so verdünnt man so weit, bis ein Vergleichen möglich ist. (Diese Verdünnungen beim Resultat berücksichtigen!)

Zur Vorbereitung des Materiales für die kolorimetrische Bleianalyse muß man das Blei als Nitrat in Lösung haben. Man behandelt also die feste Substanz (bzw. den Rückstand einer Lösung nach dem Eindampfen) mit wenig konzentrierter Salpetersäure, dampft zur Trockne, wiederholt dasselbe 3—4mal und nimmt schließlich unter leichtem Erwärmen (10 Minuten) das letzte Mal den Rückstand mit etwa 20 ccm Wasser auf. Dann filtriert man in einen 100 ccm-Meßkolben hinein und wäscht das Filter so lange aus, bis die Marke 100 des Kolbens erreicht ist. Die Lösung, die völlig klar sein muß, verwendet man für die Analyse.

Ein weiteres kolorimetrisches Verfahren zur Bestimmung kleinster Bleimengen haben neuerdings Necke-Schmidt-Klostermann[46, 47, 48]) angegeben.

Nach den Angaben der Autoren liefert diese Mikromethode bei Bleigehalten von 0,3 —0,01 mg quantitativ hinreichend verläßliche Resultate.

Die genannten Arbeiten gehen von der Tatsache aus, daß Tetramethyldiamidodiphenylmethan durch Metalldioxyde blau gefärbt wird. Diese Blaufärbung verläuft nun, wenn die Vergleichslösungen in annähernd gleicher Konzentration gewählt werden, innerhalb gewisser Grenzen wie bei jeder kolorimetrischen Messung, proportional der angewandten Bleimenge.

Die Vorbereitung des Materiales geschieht wie folgt:

1. Zerstörung der organischen Substanz durch rauchende Salpeter- und konzentrierte Schwefelsäure.

2. Fällung von Blei, Eisen, Mangan (schwermetallarme Organe und Flüssigkeiten erhalten zur besseren Fällung des Bleies einen Al-Zusatz) und eventuell Kupfer in ammoniakalischer Lösung durch H_2S.

3. Abfiltrieren auf Asbestglasfilter und Trennung von Eisen, Mangan und Kupfer (Fe, Mn durch Alkohol + H_2SO_4; Cu durch CyK).

4. Lösen des Bleisulfids mit HNO_3 und Oxydation mit Natriumhypochlorid im siedenden Wasserbade.

5. Abfiltrieren des Bleioxydes aus Asbestglasfilter und Zusatz der Tetramethylbase in essigsaurer Lösung.

Auf einige wichtige Punkte im Gang der Analyse sei noch besonders hingewiesen.

α) Die Zerstörung der organischen Substanz muß außerordentlich sorgfältig zu Ende geführt werden.

β) Eine Fällungsdauer von 24—36 Stunden ist optimal; längere Einwirkung des H_2S erschwert die Abfiltration infolge feinerer Dispersion.

γ) Sämtliche Asbestfilter müssen gut gestopft und gepreßt werden, um ein Durchlaufen des Niederschlages zu verhindern.

δ) Nach dem Auflösen des Bleisulfides mit HNO_3 empfiehlt sich Nachwaschen mit Na-Azetatlösung, um etwa gebildetes $PbSO_4$ mit zu erfassen.

ε) Vor der Oxydation durch NaClO muß die Pb-Lösung genau neutralisiert werden. Während der Oxydation muß immer ein Hypochloritüberschuß vorhanden sein; warmes, aber nicht heißes Filtrieren ist vorteilhaft.

ζ) Wiederholtes Auswaschen mit kaltem Wasser ist wichtig, da Spuren von NaClO ebenfalls eine Blaufärbung hervorrufen.

Gut oxydiertes PbO_2 bleibt auf einem sorgfältig gestopften Filter trotz wiederholten Auswaschens fest haften.

In der Arbeit wird gleichzeitig anschließend ein chemisch-spektographisches Verfahren besprochen. Hiermit sind Bleimengen bis zu 0,005 mg herab und noch darunter faßbar (vgl. die Originalarbeit; dort sind auch Abbildungen von Spektrogrammen gegeben).

d) Handelt es sich um Untersuchungen stark bleihaltiger Legierungen (Weißmetalle) von Art des Letternmetalles, des Weichlotes usw., so empfiehlt es sich, nach einem von I. Compagno[49]) angegebenen elektrolytischen Verfahren zu arbeiten: 1 g der Legierung wird unter Bedecken mit einem Uhrglas in einem 150 ccm-Becherglas mit einer Mischung von je 4 ccm konzentrierter Salzsäure und Salpetersäure (D. 1,2) einige

Stunden stehen gelassen, und die Reaktion durch Erwärmen beendigt. Das Uhrglas wird mit wenig Wasser abgespült, die Flüssigkeit vom Ungelösten abgegossen und letztere 2—3mal mit schwach salzsaurem Wasser gewaschen, die vereinigten Lösungen werden mit Natronlauge alkalisiert und mit 30 ccm Schwefelnatrium-(Na_2S-)Lösung (D 1,225) versetzt. Nach Zusatz von 0,4 g Kaliumzyanid wird unter beständigem Umschwenken einige Minuten gekocht und nach dem Absetzen werden die Sulfide abfiltriert. Andererseits wird der erste unlösliche Teil in der Wärme in wenig Natronlauge gelöst und die Lösung wie vorstehend mit 20 ccm Natriumsulfidlösung und 0,1 g Zyankalium behandelt; der Niederschlag wird mit den anderen Sulfiden vereinigt, und die Filtrate werden zusammengegossen und auf kleiner Flamme auf 130 ccm eingeengt. Zur Bestimmung von Blei, Eisen, Zink usw. wird der Sulfidniederschlag mit 25 ccm siedender verdünnter Salpetersäure gelöst und nach dem Erkalten verdünnt und filtriert. Der Niederschlag wird in gleicher Weise nochmals mit 25 ccm verdünnter Salpetersäure, dann mit 20 ccm konzentrierter Salpetersäure ausgekocht. Die vereinigten Filtrate (300 bis 350 ccm) werden zur Bestimmung des Bleies der Elektrolyse unterworfen: Anode eine Winklersche Netzelektrode, Kathode ein kleiner genetzter Zylinder, Stromstärke 0,3 Ampère, 2—2,5 Volt. Im bleifreien Elektrolysenrückstand bestimmt man die Verunreinigungen (Eisen, Zink, Antimon usw.) nach den üblichen Methoden (Chem. Zentralbl. 1917, Nr. 1, S. 1141—1142).

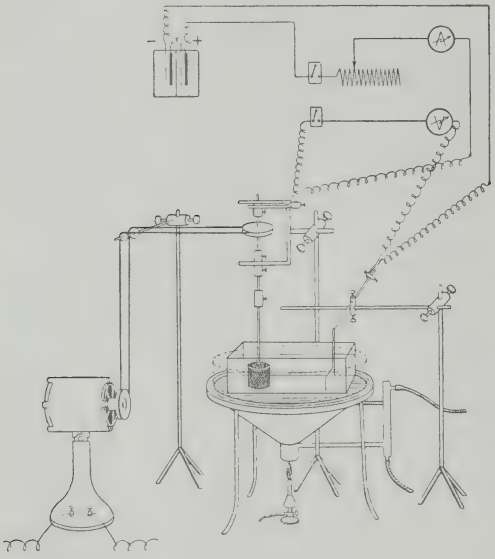


Fig. 10.
(Bernhardt, Bleibestimmung.)

e) Zur Bestimmung kleinster Bleimengen sei eine Methode von H. Bernhardt[48, 49]) genannt, die noch dazu den Vorteil hat, daß sie auf maßanalytischem Wege beendet wird. Ganz besonders eignet sich diese Methode auch zur Bestimmung kleinster Bleimengen in Organen usw. (s. Fig. 10).

Die zur Analyse zu verwendende Lösung muß leicht salzsauer sein, wird sodann mit etwa 50 ccm einer 10%igen Ammoniumzitratlösung versetzt und gegebenenfalls (z. B. bei Organen) filtriert. Sodann muß die Lösung ammoniakalisch gemacht werden. Nunmehr wird für etwa 12 Stunden ein schwacher Schwefelwasserstoff (etwa 1 Blase alle 2—5 Sekunden) hindurchgeleitet. Das Filtrat muß auf quantitative Ausfällung kontrolliert werden. Die gefällten Sulfide werden auf einem Asbestfilter abgesaugt (auf eine kleine Porzellansiebplatte, die in einem Trichter liegt, wird eine etwa 2 mm dicke Asbestschicht gebracht — Asbest für Goochtiegel — und mit einer Scheibe Fließpapier bedeckt) und mit einer verdünnten Ammoniumsulfidlösung nachgewaschen. Das so erhaltene Sulfid wird mit heißer 3%iger

Wasserstoffsuperoxydlösung, der einige Tropfen Salpetersäure zugesetzt sind, oxydiert. Schließlich wird das gebildete Bleisulfat auf dem Filter mit 30%iger siedender Natriumazetatlösung gelöst, und das Filter mit kochendem Wasser gut nachgewaschen*). Alsdann wird das Blei elektrolytisch als Bleidioxyd abgeschieden.

Die Elektrolyse wird zweckmäßig in einer Glaswanne von etwa 20 · 6 · 5 cm vorgenommen (s. Fig. 10). Als Kathode dient ein Platinblech von etwa 5,5 · 2 cm Fläche und gewöhnlicher Elektrodenstärke; daran angeschweißt ist ein Platindraht, der zur Stromzuführung dient, und dessen Befestigung an einem der Längsseite der Wanne parallel angebrachten Glasstab es gestattet, die Kathode an jeder beliebigen Stelle der Wanne festzustellen, was zum Zwecke der Änderung des Widerstandes zwischen den Elektroden aus einem noch zu erörternden Grunde erforderlich ist. Als Anode dient die von H. Wölbling angegebene rotierende Platin-Iridium-Netzelektrode, die an einem Ende der Wanne angebracht wird, und der ein Elektromotor eine Geschwindigkeit von 600—1000 Umdrehungen in der Minute verleiht. Die Wanne steht auf einem Wasserbad und wird damit während der Elektrolyse auf einer Temperatur von 70—80° gehalten. Das Filtrat wird in die Wanne gebracht, auf etwa 250 ccm mit destilliertem Wasser aufgefüllt, mit etwa 10 ccm einer 60%igen Salpetersäure versetzt und mit einem Strom von 2,8—3,2 Volt und 0,2—0,3 Ampère 1½—2 Stunden elektrolysiert. Der verhältnismäßig hohe Säuregehalt soll sein, um eine die Abscheidung des Bleies hemmende Wirkung etwa vorhandener Spuren von Halogenen und gewissen Metallen auszuschalten. Wegen des erheblichen Säuregehaltes und des dadurch bedingten geringen Widerstandes der zu elektrolysierenden Flüssigkeit läßt sich mit dem vorgeschalteten Widerstand allein die nötige Elektrodenspannung bei Strömen der gewünschten Stärke nicht erzielen. Es muß deshalb durch Verschieben der Kathode der Widerstand zwischen den Elektroden vergrößert werden, bis der Strom nach Spannung und Stärke den angegebenen Bedingungen entspricht. Nach Beendigung der Elektrolyse wird die Netzelektrode herausgenommen, zwei- bis dreimal vorsichtig in jedesmal erneutes Wasser und dann sofort in ca. 5%ige Jodkaliumlösung gebracht, die mit einigen Tropfen Essigsäure angesäuert ist. Sobald der braune Überzug der Anode (PbO_2) sich völlig in gelbes Jodblei umgewandelt hat, was nach wenigen Minuten der Fall ist, wird die Elektrode einige Sekunden in kalte 30%ige Natriumazetatlösung getaucht, wobei sich das Jodblei sofort löst; dann wird die Elektrode zweimal mit destilliertem Wasser nachgespült; schließlich werden alle drei Flüssigkeiten (Jodkaliumlösung, Natriumazetatlösung, Waschwasser) zusammen in einen Erlenmeyerkolben gegossen, sofort mit überschüssiger $\frac{n}{1000}$-Thiosulfatlösung entfärbt und mit $\frac{n}{1000}$-Jodlösung und Stärke auf Blau zurücktitriert. Die $\frac{n}{1000}$-Thiosulfatlösung muß jedesmal neu hergestellt werden. Es wurde gefunden, daß sie sich in dieser starken Verdünnung nur sehr kurze Zeit hält und, z. B. nach 3—4 Tagen, der Titer schon auf ⅓—¼ zurückgeht.

Die durch Multiplikation der Anzahl der zum Entfärben tatsächlich benötigten Kubikzentimeter $\frac{n}{1000}$-Thiosulfatlösung mit 0,1035 erhaltene

*) Liegen stark phosphorhaltige Stoffe vor, so ist es ratsam, die Sulfidausfällung usw. genau wie beschrieben ein zweites Mal zu wiederholen.

Zahl gibt den Bleigehalt in Milligramm an. Da 0,1 ccm einer $\frac{n}{1000}$-Thiosulfatlösung rund 0,012 mg Blei entspricht, lassen sich die Zehntelmilligramm mit Sicherheit angeben, wenn gut gearbeitet war, auch die Hundertstelmilligramm.

f) Als letztes Verfahren zur Bleibestimmung sei noch das von Della Crose[52]) angeführt. Es ist ein einfaches titrimetrisches Verfahren. 0,5 g Legierung werden im Kölbchen mit 1,5 ccm konzentrierter Salpetersäure (spez. Gew. 1,3) über kleiner Flamme erwärmt und nach beendeter Reaktion zur Trockne gebracht. Den Rückstand nimmt man unter Erwärmen mit 2—3 Tropfen Salpetersäure + 10 ccm Wasser auf. Dann wird 5 g Sand in den Kolben gegeben, und durch Hin- und Herbewegen die an der Glaswand sitzende Metazinnsäure abgelöst. Unter allmählichem Zusatz kleiner Mengen heißen Wassers dekantiert man in einem 100 ccm-Meßkolben hinein, bis das Waschwasser durch Schwefelammon nicht mehr geschwärzt wird. Die abgekühlte Lösung wird bis zur 100-Marke aufgefüllt und filtriert. Von diesem Filtrat werden 50 ccm in einem zweiten 100 ccm-Kölbchen mit so viel Kaliumbichromatlösung versetzt, bis die Flüssigkeit nach dem Absitzen des Niederschlages noch gelb gefärbt erscheint. Von einer Kaliumbichromatlösung, die so hergestellt ist, daß 1 ccm etwa 0,01 g Blei entspricht, braucht man etwa 5 ccm. Dann wird das Kölbchen auf 100 aufgefüllt, filtriert und 50 ccm dieses Filtrates unter Zugabe von Ferrizyankalium als Indikator mit Ferrosulfatlösung zurücktitriert.

Fig. 11.

Fig 12.

(Nach Engel und Froboese.)

Enthält die Legierung viel Eisen, so erwärmt man besser die Substanz mit Salzsäure, fällt das Blei aus der mit Ammoniak genau neutralisierten Lösung mit Schwefelwasserstoff aus, löst das Sulfid mit Schwefelammon und verfährt wie oben.

g) Zur Bestimmung von Bleidämpfen empfiehlt es sich, nach der Methode von Engel und Froboese[53]) zu arbeiten. Die Absaugevorrichtung besteht zweckmäßig aus einem Vorstoß von dünnem Glase, der mit bleifreier Glaswolle beschickt ist. Weil verschieden große Querschnitte in Röhren bei Abscheidung von Teilchen günstig wirken, empfiehlt es sich, den Glasvorstoß in der Form zu wählen, wie ihn die Zeichnung wiedergibt (Fig. 11).

An den Vorstoß ist ein Glasrohr angeschmolzen, das durch einen Schliff mit einem Absorptions-U-Rohr verbunden werden kann. Der Schliff wird gemäß Fig. 12 angefertigt, so daß der Gasstrom mit dem leicht gefetteten Schliff nicht direkt in Verbindung kommt. Hieran schließt sich ein großes U-Rohr, das mit Glasscherben von zerbrochenem Biegerohr zum Teil gefüllt wird.

Auf den Schenkel des U-Rohres, in den das Gas eintritt, wird ein Hahntrichter gesetzt, aus dem ab und zu ein Tropfen verdünnte Salpetersäure auf die Glasscherben tropft. In diesem U-Rohr werden dem Gasstrom die letzten Bleireste entzogen. Um die zum Absaugen der Gase

benutzte Pumpe vor Salpetersäuredämpfen zu schützen, wird hinter das U-Rohr noch ein zweites mit festem Ätzkali geschaltet. Das Ätzkali soll sich indes nur in dem stark erweiterten Verbindungsrohr der beiden Schenkel befinden, um den Gasstrom nicht zu sehr zu hemmen.

Die Prüfung des Inhaltes von Vorstoß und Salpetersäure-U-Rohr auf Blei erfolgt in der folgenden Weise: Der Vorstoß wird abgenommen, gut mit 30%iger heißer Salpetersäure, zuweilen unter Zugabe von Wasserstoffsuperoxyd, behandelt und das U-Rohr ebenso. Die gewonnenen Bleilösungen werden in einer Porzellanschale vereinigt und zur Trockne gedampft. Nach dem Aufnehmen mit salpetersäurehaltigem Wasser wird die Lösung mit Natronlauge alkalisch gemacht, dann mit Essigsäure schwach angesäuert, filtriert und das Blei mit wenig 5%iger Kaliumchromatlösung heiß gefällt. Man läßt absitzen und bis zum anderen Tage stehen. Darauf wird durch einen Goochtiegel mit eingeschmolzenem Glaspulverfilter filtriert, mit 20%iger Natriumazetatlösung ausgewaschen und das Bleichromat in verdünnter Salzsäure gelöst. Diese Lösung wird in einen 300 ccm fassenden Erlenmeyerkolben mit Glasstopfen gegeben und die Luft durch Kohlensäure vertrieben, die aus einer Stahlflasche ohne vorausgeschaltete Waschflasche entnommen wird. Darauf werden 2 g in wenig Wasser gelöstes Jodkalium hinzugefügt, die Lösung auf 200 ccm verdünnt und je nach den vorhandenen Bleimengen mit $\frac{n}{10}$- oder $\frac{n}{50}$-Natriumthiosulfat unter Anwendung von Stärke als Indikator titriert. Um in den sehr verdünnten Lösungen die Oxydation des Jodwasserstoffes durch Luft zu vermeiden, ist vor der Endtitration der Stärkelösung nochmals Kohlensäure überzuleiten. Die Natriumthiosulfatlösung ist mit Kaliumbichromat einzustellen. Bekannte Lösungen, 10 mg Blei enthaltend, liefern, auf diese Weise titrimetrisch bestimmt, den Sollwert.

5. **Kupfer** (Kadmium).

1. Obwohl von einzelnen Autoren [Brandl[54]) und Baum und Seeliger[55])] nachgewiesen ist, daß die dauernde Zufuhr größerer Kupfergaben vom Körper nicht ohne weiteres vertragen wird, und daß es sogar möglich ist, eine chronische Kupfervergiftung im wissenschaftlichen Sinne zu erzeugen, wird die Verwendung des Kupfers im allgemeinen*) als Material für Gebrauchsgegenstände als unbedenklich angesehen. Beim Menschen ist übrigens nach K. B. Lehmann eine chronische Kupfervergiftung niemals beobachtet worden. Größere Mengen Kupfer, die von bestimmten sauren Speisen bei der Zubereitung in Kupfergefäßen gelöst werden könnten, verraten sich schon durch den Geschmack. 200 mg Kupfer in Form von Salzen in den Speisen enthalten, sind zu schmecken. Nach Versuchen von K. B. Lehmann[56]) sind aber Mengen von 120 mg Kupfer = 0,5 g Kupfersulfat meist ganz wirkungslos, höchstens erzeugen sie gelegentlich Erbrechen. 100—200 mg Kupfer sollen wochenlang, 30 mg Kupfer und mehr monatelang vertragen werden. Mengen bis 500 mg Kupfer (= 2 g Kupfersalz) haben lediglich Erbrechen und Durchfall hervorgerufen.

C. A. Neufeld[57]) nimmt zur Kupferfrage bei Koch-, Eß- und Trinkgeschirren wohl mit Recht folgenden Standpunkt ein:

*) Kupferne Brotformen sind unbedingt untersagt. (Runderlaß vom 3. Juni 1836 der Königl. preuß. Verwaltung für Handel usw.)

„Besondere Erwähnung verdienen die Kupfergeschirre. Deren Verwendung ist ganz unbedenklich, wenn sie immer sofort nach Gebrauch gut gereinigt und trocken aufbewahrt werden. Gefährlich ist es aber, in solchen Geschirren Speisen, namentlich solche mit saurer Reaktion stehen zu lassen, da hierbei leicht gesundheitsschädliche Mengen in jene übergehen können. Es ist daher rätlich, Kupfergefäße zu verwenden, die auf der Innenseite gut verzinnt sind, allerdings darf die Verzinnung nicht schadhaft sein, weil bei gleichzeitiger Berührung von Kupfer und Zinn die Auflösung des ersteren durch saure Flüssigkeiten beschleunigt wird. Für den Verkehr mit Kupfergeschirren sind in einzelnen Verwaltungsbezirken eigene Vorschriften ergangen. So heißt es z. B. in der Oberpolizeilichen Vorschrift für den Regierungsbezirk Schwaben und Neuberg vom 29. Juni 1892: ‚Kupferne und messingene Geschirre müssen, wenn sie zur Zubereitung von Eßwaren oder Getränken bestimmt sind, innen vollkommen blank und, wenn sie zur Aufbewahrung derselben dienen, gut verzinnt sein.‘ “

2. Zur quantitativen Bestimmung des Kupfers verfährt man wieder wie bei Zink (S. 109) beschrieben ist. Nach der Bleiausfällung wird das erhaltene Filtrat eingedampft, mit Schwefelsäure aufgenommen und erhitzt, bis sich Schwefelsäuredämpfe verflüchtigen. Die Lösung versetzt man sodann mit Ammoniumbisulfit*) im Überschuß und fügt tropfenweise unter ständigem Umrühren Rhodanammonium in geringem Überschuß hinzu, wobei ein violett-stichiger, weißer Niederschlag entsteht. Den Niederschlag läßt man absetzen (am besten über Nacht) und filtriert sodann durch ein bei 120° getrocknetes, gewogenes Filter. Nach Waschen mit kaltem SO_2-haltigem und schließlich mit reinem Wasser (das Filtrat darf mit Ferrichlorid nur noch schwach Rötung ergeben) trocknet man bei 110—120° und wägt. Die Filtration verläuft eleganter, wenn man einen Gooch-Neubauer-Platintiegel zur Verfügung hat (Methode nach Rivot). Hat der Niederschlag ein Gewicht von p g so ist Kupfer = p · 0,52261.

3. Im Filtrat von Kupferrhodanür läßt sich gegebenenfalls noch das Kadmium bestimmen. Zu diesem Zwecke wird das Filtrat mit Bromwasser bis zur Gelbfärbung versetzt und das überschüssige Brom durch Kochen entfernt. Sodann wird Schwefelwasserstoff eingeleitet und das Kadmium hierdurch als Sulfid gefällt. Den Niederschlag bringt man nun in einen geräumigen Porzellantiegel, bedeckt mit einem Uhrglas, und behandelt mit 1 : 3 verdünnter Salzsäure auf dem Wasserbade. Die am Uhrglase haftenden Teile spült man ebenfalls in den Tiegel und säubert das Filter durch Auftropfen von heißer Salzsäure 1 : 3 und schließlich von heißem Wasser (Tiegel dabei einfach unter den Trichter stellen). Sodann gibt man verdünnte Schwefelsäure hinzu und verdampft die Lösung im Wasserbade. Die Schwefelsäure wird bei allmählich gesteigerter Temperatur (zuletzt volle Flamme eines Teklubrenners) völlig verjagt. Sobald keine Schwefelsäuredämpfe mehr entweichen, wird bis zur Gewichtskonstanz gewogen.

Kadmium = p · 0,5392 (p = Gewicht des Niederschlages).

Anmerkung. Messing, Tombak, Bronzefarben und Brokatfarben, die Legierungen von Kupfer und Zink sind, Neusilber und Argentan, Packfong und Weißkupfer, die Legierungen von Kupfer, Zink und Nickel sind, lassen sich nach den Vorschriften ebenfalls analysieren (unter Berücksichtigung der bei den einzelnen Metallen gegebenen Vorschriften).

Liegen Kupfer-Zinn-Legierungen, z. B. Bronze, Glockengut, Geräte usw., zur Untersuchung vor, so arbeitet man am zweckmäßigsten nach dem von A. T. Etheridge[58]) angegebenen Verfahren. Man löst etwa 1 g der Legierung in einem Becherglase in einer Mischung von 60 ccm

*) Ammoniumbisulfit stellt man durch Einleiten von SO_2 (bis zur Sättigung) in wässerige Ammoniaklösung dar.

verdünnter Schwefelsäure (1 Vol. konz. Schwefelsäure + 3 Vol. Wasser) und 5 ccm Salpetersäure (1,42). Ist die Lösung vollständig klar, so kann sie, mit Wasser auf 200 ccm verdünnt, gleich elektrolysiert werden. Ist jedoch ein gelatinöser Rückstand vorhanden, so ist Phosphor oder Arsen oder beides als Zinnphosphat bzw. Zinnarseniat vorhanden. In diesem Falle wird die Flüssigkeit unter Zugabe weiterer 20 ccm der verdünnten Schwefelsäure bis zum Aufsteigen von Schwefelsäuredämpfen eingeengt, wobei die Zinnverbindungen zersetzt werden. Ist Blei vorhanden, so kann das jetzt gebildete Bleisulfat durch Verdünnen der Flüssigkeit mit Wasser und starkes Kühlen abfiltriert und für sich bestimmt werden. Das auf 200 ccm ergänzte Filtrat wird mit 10 ccm Salpetersäure (1,2) oder 5 ccm (1,42) vermischt und dient nun zur Elektrolyse des Kupfers. Die Säurekonzentrationen sind genau innezuhalten, weil sonst bei der Elektrolyse auch Zinn mit abgeschieden werden könnte. Man elektrolysiert mit einem Strom von 4 Ampère bei einer Spannung von 10 oder 20 Volt und benutzt einen solchen Rheostaten, bei welchem der Strom bis auf 0,5 Ampère erniedrigt werden kann. Nach 30 Minuten gibt man zwecks Beseitigung der gebildeten salpetrigen Säure 0,5 g Harnstoff hinzu. Nach weiteren 30 Minuten wird dieselbe Menge Harnstoff hinzugefügt und während weiterer 15 Minuten der Strom auf 0,5 Ampère reduziert. Nach dieser Zeit ist die Elektrolyse beendet und der gebildete Kupferbelag kann in üblicher Weise mit Wasser und Alkohol gewaschen, getrocknet und gewogen werden. In der von Kupfer befreiten Flüssigkeit wird das Zinn mit Schwefelwasserstoff gefällt, nach einiger Zeit auf einer Filtrierpapieranschwemmung abfiltriert und mit Ammoniumnitratlösung gewaschen; Waschen mit Wasser bewirkt Durchlaufen des Niederschlages. Der Niederschlag wird in einen Porzellantiegel übergeführt, mit Filtrierpapier bedeckt, erst langsam und schließlich stärker geglüht. Auf diese Weise kann Zinnsulfid vollständig in Zinnoxyd verwandelt werden. Das Filtrat vom Zinnsulfidniederschlag kann in üblicher Weise zur Bestimmung von Eisen, Nickel, Zink und Phosphorsäure benutzt werden. Arsen, das meist in ganz geringen Mengen vorhanden ist, wird bei der Elektrolyse an der Kathode als Arsenwasserstoff beseitigt.

6. Aluminium.

1. Die Verwendung des Aluminiums als Herstellungsmaterial für Eß-, Trink- und Kochgeschirre ist in den letzten Jahren noch häufiger geworden, als es schon vor dem Kriege der Fall war. Seine Gründe hat das wohl einmal in der leichten Handlichkeit dieser Geschirre infolge ihres geringen Gewichtes und zum anderen in ihrem schönen blanken Aussehen. Vom hygienischen Standpunkt ist dagegen nichts einzuwenden, zumal aus den experimentellen Untersuchungen Plagges und Lebbins[59]) hervorgeht, daß die Löslichkeit in den verschiedenen Speisen und sogar in saurer Milch, Wein, Bier, Hefe u. dgl. so gering ist, daß Gesundheitsstörungen keinesfalls zu befürchten sind [Bleisch[60, 61, 62])]. Ebenfalls sind die braunen Ablagerungen [Formenti[63, 64])] bzw. Ausblühungen, die beim Aufbewahren in Wasser oder beim Kochen mit Wasser entstehen, unschädlich. Lediglich zur Aufbewahrung von essigsauren und alkalischen Flüssigkeiten, wie z. B. Mineralwässern u. dgl., sind Aluminiumgefäße ungeeignet*).

*) Nach Utz (Zeitschr. angew. Chemie 1919, Bd. 32, I, S. 345) ist die Verwendung von Aluminium für Gefäße zur Gewinnung, Aufbewahrung, Transport und Verarbeitung von Milch und Molkereierzeugnissen unbedenklich.

2. Analytische Bestimmungen von Aluminium werden in praxi kaum in diesem Rahmen zu machen sein, und der Analysengang soll daher nur kurz angedeutet werden.

Nach Auflösen der zu untersuchenden Legierung in verdünnter Salzsäure (1 : 5) unter leichtem Erwärmen fällt man zunächst durch Einleiten von Schwefelwasserstoff etwa vorhandene Metalle der Schwefelwasserstoffgruppe (z. B. Kupfer) aus, wäscht den gegebenenfalls entstandenen Niederschlag mit Schwefelwasserstoffwasser und dampft das entstandene Filtrat auf ein Volumen von etwa 75 ccm ein. In 25 ccm dieses Filtrates, die man mit der Pipette genau abmißt, bestimmt man nun das vorhandene Eisen + Aluminium. Man vertreibt zu diesem Zwecke den Schwefelwasserstoff durch Erhitzen, gibt einige Tropfen Bromwasser hinzu und übersättigt mit Ammoniak. Sodann dampft man das Ammoniak durch Kochen weg, filtriert ab und wäscht den Niederschlag mit heißem Wasser aus. (Bis das Filtrat absolut chlorfrei ist.)

Die übriggebliebenen 50 ccm des Filtrates behandelt man ebenso. Jedoch nach dem Auswaschen der Ammoniakfällung löst man den Niederschlag in verdünnter Schwefelsäure, reduziert das Eisen durch Zugabe von ½—1 g chemisch reinen Zinks unter gelindem Erwärmen im Wasserbade und bestimmt das Eisen maßanalytisch durch Titration mit Kaliumpermanganat (Abkühlen lassen!): Man gibt zunächst konzentrierte Schwefelsäure in die Lösung (auf 100 ccm Lösung gibt man etwa 5 ccm Schwefelsäure), verdünnt mit ausgekochtem Wasser auf etwa 500 ccm und läßt aus einer Bürette in der Kälte $\frac{1}{10}$ normal Kaliumpermanganatlösung bis zur bleibenden schwachen Rotfärbung der Lösung zufließen. Durch Multiplikation der verbrauchten Zahl von Kubikzentimetern Kaliumpermanganatlösung mit 0,007985 erhält man die vorhandene Menge Eisen als Ferrioxyd*).

Zur Bestimmung des Aluminiums zieht man nunmehr die Hälfte der eben festgestellten Eisenmenge von der Summe der vorher gewogenen Oxyde von Aluminium und Eisen ab. Diese Zahl multipliziert mit 0,5303 gibt das Aluminium.

Im folgenden sollen die quantitativen Bestimmungsmethoden einiger weiterer Elemente besprochen werden, die zur Verwendung als Material für bestimmte Gebrauchsgegenstände gesetzlich verboten sind. Hierzu gehören vor allen Dingen Arsen, Antimon, Chrom, Quecksilber usw. Sind auch diese Elemente zum Teil als solche verboten, so ist unter Umständen für eine Beanstandung ein rein qualitativer Nachweis von ihnen in irgendwelchen Gebrauchsgegenständen doch noch nicht genügend. Es ist nämlich möglich, daß diese Stoffe nur in Spuren als Verunreinigungen vorliegen, eben in Größenordnungen, in denen sie nicht gesundheitsschädlich sind. In dieser Hinsicht gibt es Grenzzahlen und nach Kayser und Prior (Entwurf der Bayerischen Vereinbarungen, 1885, S. 224) sollen, z. B. für den Sonderfall „Farben", folgende Zahlen gelten: Für 100 g der bei 100° getrockneten Farben sollen für Antimon, Arsen, Blei, Kupfer, Chrom zusammen oder von jedem 0,2 g für Barium, Kobalt, Nickel, Uran, Zinn, Zink zusammen oder von jedem 1,0 g als zulässige Verunreinigung gelten.

---

*) 1000 ccm $\frac{n}{10}$-Kaliumpermanganatlösung entsprechen: 5,584 g Eisen, 7,184 g Ferrooxyd (FeO) und 7,984 g Ferrioxyd (Fe_2O_3).

Das Schweizerische Lebensmittelbuch 1909 betrachtet auf S. 300 eine Substanz z. B. als arsenfrei, wenn 1 g derselben weniger als 0,2 mg Arsen enthält.

Allerdings dürfen nach § 10 des Farbengesetzes vom 5. Juni 1887 die in § 1 dieses Gesetzes angezogenen Farben zur Herstellung von Nahrungs- und Genußmitteln, welche zum Verkauf bestimmt sind, die oben erwähnten Metallgifte (dazu treten noch Gummigutti, Korallin, Pikrinsäure) auch nicht als Verunreinigungen enthalten. Die „Verunreinigungsklausel" findet demnach nur auf die §§ 2—9 Anwendung.

7. Antimon.

1. Metallisches Antimon ist im Letternmetall, als Legierung ist es im Britanniametall, im Weißguß und im Antifrikationsmetall zusammen mit Zinn und mit Blei, Kupfer, Eisen und Zink zu finden. Das Britanniametall besteht aus 9 Teilen Zinn und 1 Teil Antimon. Ist die Legierung bleifrei, so findet der entsprechende Paragraph des Blei- und Zinkgesetzes keine Anwendung (§ 1, 2). Antimonsalze, zum Teil oxalsaures Antimon, Antimonfluorid, Antimonsulfat usw. sind in der Färberei als Beizen zu finden, da diese Salze mit den Farbstoffen, die sie fixieren, unlösliche Verbindungen bilden. Der sogenannte Goldschwefel (Sb_2S_5) wird zuweilen Gummiwaren zur Vulkanisation zugesetzt. Neuerdings versucht man in der Emailindustrie, an Stelle des teuren Zinkoxydes Antimonsalze als Trübungsmittel für Emaillen zu verwenden.

In hygienischer Beziehung sind zunächst Hautaffektionen anzuführen, die z. B. Stoffe, bei denen die Antimonbeizen nicht genügend ausgewaschen sind, hervorrufen können. Solche Fälle sollen nach K. B. Lehmann mehrfach bekannt geworden sein. Experimentelle Untersuchungen von K. B. Lehmann und Göbel[65]) an Herrenkleiderfutterstoffen, Möbelripsen und -kattunen, Herrentuchen usw. der verschiedensten Farben zeigten allerdings, daß die Mengen der gefundenen wasserlöslichen Antimonsalze nur als unbedenkliche Spuren bezeichnet werden konnten. Ungeklärt ist noch die Stellungnahme der Hygieniker gegenüber der Verwendung des Antimons in der Emailindustrie. In Österreich und Belgien ist seine Verwendung für diesen Zweck ausdrücklich verboten, in anderen Ländern nicht. B. Rewald[66]) weist in seiner Arbeit: „Die Verwendung des Antimons in der Emailindustrie" darauf hin, daß bei Arbeitern von Antimonfabriken Gesundheitsschädigungen im Gegensatz zu den Arbeitern aus Blei- oder Quecksilberbetrieben bisher nicht beobachtet sind*). In derselben Arbeit wird gezeigt, daß Antimonglasuren mit Wasser überhaupt kein Antimon abgeben, mit physiologisch in Betracht kommenden Säuren wie Salz-, Essig- und Milchsäure kaum wägbare Mengen. Lang ausgedehnte Fütterungsversuche an Tieren und Menschen hatten das Ergebnis, daß irgendwelche Vergiftungserscheinungen durch Antimonfritten nicht beobachtet werden konnten. Auch die Organuntersuchungen zeigten keinerlei Veränderung. B. Rewald hält daher ein Verbot der Antimonfritten für nicht zu rechtfertigen. Untersucht wurden speziell die Antimonpräparate „Timonox" und „Leukonin" (= Natriummetaantimoniat).

Bezüglich der Toxizität des metallischen Antimon, wie es heute als frei von arsenigen Bleibeimengungen im Schriftgießereigewerbe verwendet wird, finden sich in der Arbeit

*) In Deutschland darf übrigens in dem Metall von Siphons 10% Antimon enthalten sein.

von Seitz[67]) Mitteilungen. Zwei Meerschweinchen von 300 g Gewicht, von denen das eine täglich 0,1 g Brechweinstein, das andere 0,1 g metallisches Antimon erhielt, gingen bereits nach 8—10 Tagen an fortschreitendem Marasmus ein. Die gleichen Veränderungen des Blutbildes (Abnahme der Neutrophilen und Vermehrung der Mononukleären, hauptsächlich der kleinen Lymphozyten — gelegentlich auch der Mastzellen), die bei den Schriftgießern und Arbeitern in Schriftgießereien festgestellt worden waren, konnten bei Katzen und Kaninchen experimentell durch Antimongaben erzeugt werden.

2 a) Zum qualitativen Nachweis des Antimons bedient man sich am besten der Marshschen Probe. (Ausführung der Untersuchung und Unterscheidung von Arsen s. Bd. 1, S. 294—296.)

b) In der Legierung ist wichtig die quantitative Trennung des Antimons von Zinn*).

Man oxydiert etwa 1 g gut zerkleinerte Legierung im größeren, mit durchlochtem Uhrglase bedeckten Porzellantiegel unter tropfenweiser Zugabe von Salpetersäure (spez. Gew. 1,4). Die letzten metallischen Teile werden zweckmäßig durch Zugabe roter, rauchender Salpetersäure oxydiert. Nach Vertreiben der Salpetersäure auf dem Wasserbade und Erhitzen auf dem Sandbade bis zum Auftreten roter Dämpfe werden die Nitrate durch Erhitzen über gewöhnlicher Flamme restlos zerstört. Nach dem Erkalten wird der Rückstand mit der sechsfachen Menge einer Mischung wasserfreier Soda und Schwefel vermengt, vorsichtig bis zum Verbrennen des gesamten Schwefels geschmolzen und nach dem Erkalten mit Wasser unter leichtem Erwärmen aufgenommen. Die Sulfide von Blei, Kupfer und Zink usw. werden abfiltriert, mit natriumsulfidhaltigem Wasser zinn- und antimonfrei gewaschen, wieder in den Schmelztiegel gebracht und nach erneuter Oxydation mit Salpetersäure ein zweites Mal genau wie oben behandelt. Die beiden Filtrate werden vereinigt und in ihnen das Zink und Antimon bestimmt. Zu diesem Zwecke wird das gesamte Filtrat zunächst mit Essigsäure und nach Abscheidung des Schwefels mit verdünnter Schwefelsäure bis zur sauren Reaktion versetzt. Nach dem Ausfallen des Zinn- und Antimonsulfids wird luftfreie Kohlensäure (s. Fig. 14) hindurchgeleitet, um den Schwefelwasserstoff auszutreiben, und nach dem Absitzen des Niederschlages derselbe abfiltriert und mit Wasser, dem etwas Ammoniumazetat und freie Essigsäure zugesetzt ist, ausgewaschen. Sodann löst man den Niederschlag durch heiße Salzsäure (spez. Gew. 1,12), gibt 2 g Chlorkalium hinzu und engt das Ganze auf dem Wasserbade auf etwa 20 ccm ein. Nun filtriert man vom ausgeschiedenen Schwefel in einen Erlenmeyerkolben hinein ab, wäscht mit salzsäurehaltigem Wasser nach, gibt einen Überschuß metallisch chemisch reinen Eisens hinzu, verschließt den Kolben mit doppelt durchbohrtem Kork und leitet einen langsamen Strom von luftfreier Kohlensäure hindurch (s. Fig. 14). Das hierbei quantitativ metallisch ausfallende Antimon**) wird hernach zusammen mit dem überschüssigen Eisen abfiltriert, zuerst mit salzsäurehaltigem, dann mit reinem Wasser ausgewaschen, in Königswasser gelöst, eingedampft, mit Wasser verdünnt und mit Schwefelwasserstoff ausgefällt. Zur Wägung wählt man bei weitem am besten das Trisulfid***). Zunächst leitet man den Schwefelwasserstoff etwa 20 Minuten lang in die kalte Lösung ein, erhitzt langsam zum Sieden, unterbricht dann nach weiteren 15 Minuten den Schwefelwasserstoffstrom, entfernt den Brenner

*) Vgl. König, Chemie der menschlichen Nahrungsm., Bd. 3, Teil 3, S. 802. Siehe auch Abschnitt Arsen.

**) Im Filtrat kann das Zinn als SnO_2, wie früher beschrieben, bestimmt werden.

***) Vgl. Treadwell, Analyt. Chemie, S. 180 und F. Henz, Dissert. Zürich 1903, S. 22.

und läßt den Niederschlag absitzen. Die überstehende Lösung wird durch einen bei etwa 300° getrockneten und gewogenen Goochtiegel filtriert, der Niederschlag durch 4—5maliges Dekantieren mit 50 ccm heißer verdünnter mit H_2S gesättigter Essigsäure gewaschen, auf das Filter gebracht, wieder mit derselben Waschflüssigkeit gründlich ausgewaschen und schließlich zwei- bis dreimal mit heißem Wasser behandelt. Das Auswaschen ist beendet, wenn das ablaufende Filtrat einen leichten schwachen Stich ins Orange bekommt.

Den Tiegel bringt man sodann in die in Fig. 13 wiedergegebene Apparatur, die einen kleinen, keilförmigen, mit Asbestpappe überzogenen Trockenschrank darstellt. Das Röhrchen R darf zunächst nur so weit aus dem Trockenschrank herausragen, wie der Stopfen in dasselbe hineingeht. Der Gummistopfen wird von der Hitze durch ein Porzellanstück, das mit Asbestpapierstreifen an ihm befestigt ist, geschützt. Durch a wird in raschem Strome luftfreies Kohlendioxyd*) eingeleitet (vgl. Fig. 14) und

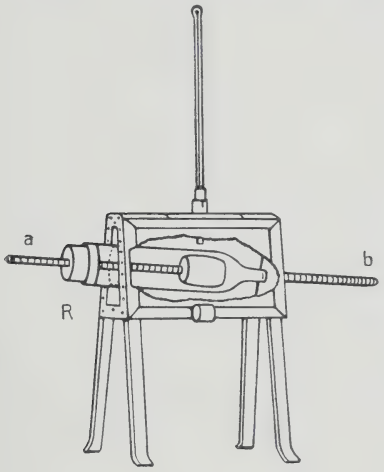


Fig. 13.

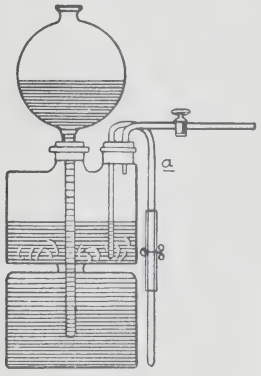


Fig. 14.

(Aus Treadwell, Analyt. Chem.)

dann unter dauerndem Einleiten von CO_2 2 Stunden lang auf etwa 300° erhitzt. Nach 2 Stunden zieht man das Rohr R etwa 5 cm heraus und er-

*) „Um richtige Resultate zu erhalten, ist es unumgänglich nötig, vollständig luftfreies Kohlendioxyd anzuwenden, weil sonst das Antimonsulfid zum Teil zu Oxyd oxydiert wird.

Das luftfreie Kohlendioxyd erhält man am besten durch Anwendung des von F. Henz modifizierten Kippschen Apparates (Chem.-Ztg. 1902, S. 386). Fig. 14.

Derselbe unterscheidet sich von den gewöhnlichen Apparaten nur durch Anbringung des Heberrohres a, aber gerade dadurch ist der Apparat ganz wesentlich verbessert. Die Beschickung desselben geschieht wie folgt: Zunächst bringt man reine Marmorstücke in den mittleren Raum, öffnet das Hahnrohr und gießt Wasser in die obere Kugel ein, bis es durch das Hahnrohr auszufließen beginnt, worauf der Hahn zugedreht wird. Jetzt ist alle Luft aus dem Apparat vertrieben und es erübrigt nur, die Salzsäure einzuführen. Zu diesem Zwecke hebert man das Wasser aus dem mittleren Raume, während man gleichzeitig Salzsäure (1 : 4) in die obere Kugel nachgießt. Sobald die Kohlendioxydentwicklung beginnt, schließt man das Rohr a und der Apparat ist zum Gebrauche fertig. Wenn die Säure verbraucht ist, hebert man sie ab und füllt gleichzeitig frische Säure durch die obere Kugel nach, eine Operation, welche vorgenommen werden kann, ohne den Apparat zu demontieren. Selbstverständlich läßt sich die Henzsche Einrichtung auch mit Vorteil auf Wasserstoff- und Schwefelwasserstoffapparate anwenden."

hitzt abermals unter Einleiten von CO_2 für weitere 2 Stunden auf etwa 300°. Hierbei sammelt sich etwa noch vorhandener Schwefel im oberen Teile des Röhrchens R, welches aus dem Trockenschrank herausragt. Sodann läßt man im Kohlensäurestrom erkalten, verdrängt das CO_2 durch trockene Luft, stellt den Tiegel offen in die Wage und wägt nach halbstündigem Stehen. (Antimonsulfid ist nicht hygroskopisch.)

$$Sb = p \cdot 0{,}71727.$$

8. Arsen.

1. Eins der wichtigsten Gifte ist das Arsen und seine Verbindungen. Allerdings ist die Zahl der Fälle, die als Arsenvergiftungen, hervorgerufen durch Gebrauchsgegenstände, in neuerer Zeit bekannt geworden sind, gegenüber den 60er und 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts stark zurückgegangen, nicht zuletzt durch die energische gesetzliche Überwachung. Dennoch sind heute noch gelegentlich Vergiftungen durch Arsenfarben (z. B. durch das als Rattengift benutzte Schweinfurtergrün) und seine — allerdings polizeilich verbotene — Verwendung als Wanzengift in Zusätzen zum Tapetenkleister vorgekommen.

Auch nach K. B. Lehmann sind akute Arsenvergiftungen, deren Verlauf einem Choleraanfall oft äußerst ähnlich ist und die mit einem Gefühl starker Trockenheit und Brennen im Halse beginnen, heute ziemlich selten. Abgesehen von zufälligen und absichtlichen kriminellen Zumischungen von Arsenik zum Mehl usw. waren früher Arsenvergiftungen zu beobachten gewesen nach Gebrauch oder Genuß von Gebrauchsgegenständen und Genußmitteln (Zuckerwaren u. dgl.), die mit arsenhaltigen Farben gefärbt worden waren. Auch die vielfach als Fliegengift im Haushalt selbst bereiteten Abkochungen von Fliegenstein, Scherben- oder Näpfchenkobalt haben gelegentlich zu fahrlässigen oder absichtlichen Vergiftungen geführt, zumal schon 10 mg As_2O_3 lebensgefährlich, 100 mg sicher tödlich wirkende Dosen sind. Die häufigere Verwendung gerade dieses Arsentrioxyds als Arzneimittel in der Zahnheilkunde, als Desinfektions- und Konservierungsmittel (Tierbälge) und als Ungeziefergift können noch heute der Grund für akute oder chronische Arsenintoxikationen werden.

Zur chronischen Arsenintoxikation genügt nach K. B. Lehmann wahrscheinlich schon die längere Zufuhr von sehr kleinen Mengen, etwa 1—3 mg arseniger Säure täglich. Die Symptome der chronischen Arsenvergiftung sind Katarrhe aller Schleimhäute (Augenbindehaut), Nasengeschwüre, Haarschwund, Hautausschläge, Lebervergrößerung und Verfettung, zuweilen Ikterus. Dazu kommen Bewegungs- und Empfindungsstörungen, Schwindel, Unruhe, Aufgeregtsein oder Melancholie. Diese Vergiftungen sind früher am häufigsten durch arsenhaltige Tapeten hervorgerufen worden und kommen gelegentlich auch noch heute vor. Die Ursache hierfür ist darin zu suchen, daß die Tapeten mit stark arsenhaltigen Farben gefärbt worden waren, die sich zumal bei schlechter Fixation mit dem Staub ablösen, oder daß in feuchten Räumen durch die Lebenstätigkeit von Schimmelpilzen die Bildung von sehr stark giftigen gasförmigen organischen Arsenverbindungen möglich ist. Der typische Knoblauchgeruch, der dabei in solchen Räumen zu bemerken ist, muß weniger auf den Arsenwasserstoff, wie früher vermutet wurde, als auf kompliziertere organische Verbindungen zurückgeführt werden. Nach Biginelli handelt es sich um Diäthylarsin $AsH(C_2H_5)_2$, nach Klason um Äthylkakodyloxyd $As_2O(C_2H_5)_4$.

Seit Inkrafttreten des eingangs mitgeteilten Farbengesetzes sind diese stark arsenhaltigen Farben*) allerdings seltener geworden, zumal bei den Anilinfarbstoffen zu ihrer Darstellung im Gegensatze zu früher die Arsensäure nicht mehr als Oxydationsmittel benutzt wird.

2. Analytisches. a) Ein sehr empfindlicher und bequemer Arsennachweis ist der von Gosio angegebene biologische Arsennachweis. Er wird am besten in der von Abel und Buttenberg**) ausgearbeiteten Modifikation durchgeführt. Etwa 5 g Untersuchungsmaterial werden in einem Kolben (100 ccm Inhalt) mit Wasser zu einem dünnen Brei angeschüttelt und bei saurer Reaktion mit Kalziumkarbonat neutralisiert, bei alkalischer mit Weinsäure angesäuert und dann ebenfalls mit Kalziumkarbonat neutralisiert. Alsdann wird so viel grob zerkrümeltes Brot (krustenfrei) hinzugefügt, daß die Flüssigkeit völlig aufgesogen wird und noch eine größere Menge von Krume (Brotinseln) unbenetzt bleibt. Nach dem Verschließen mit einem Wattepfropf wird ½ Stunde im Autoklav bei 1—1½ Atmosphären Überdruck oder mangels eines solchen dreimal mit mehrstündiger Zwischenpause je 1 Stunde im strömenden Dampf sterilisiert. Nach dem Erkalten wird eine auf einem Kartoffelkeil gezüchtete Reinkultur von Penizillium brevicaule eingeimpft, indem man die in einem Reagenzglase befindliche Kultur mit sterilisiertem Wasser (nicht destilliertem) oder besser noch mit Nährbouillon übergießt, mit Hilfe eines ausgeglühten starken Platindrahtes den Pilzrasen abkrazt und suspendiert und von der so erhaltenen Aufschwemmung einige Kubikzentimeter auf die Brotinseln bringt. Nach dem Verschließen mit einer Gummikappe läßt man in zerstreutem Tageslicht bei Zimmertemperatur oder bei 37° im Brutofen stehen. Im ersteren Falle zeigt sich nach 24—72 Stunden, im letzteren nach 12 Stunden ein Rasen (weiß) von P. brevicaule. Ist ein solcher reichlich sichtbar, so wird bei Gegenwart von Arsen der Knoblauchgeruch wahrnehmbar; es genügen zum Eintritt der Reaktion 0,1 mg metallisches Arsen und 0,01 Arsenverbindungen. Der Geruch bleibt längere Zeit bestehen, Bruchteile eines Milligrammes sind tage- und wochenlang wahrnehmbar.

Gleichzeitig mit obiger Probe setzt man einen zweiten Kolben, der nur die verwendeten Zusätze (Brot, Wasser, Kalziumkarbonat und eventuell Weinsäure) enthält und einen dritten, der ebenso beschickt ist wie der erste, außerdem aber noch eine kleine Menge (0,1 mg) Arsentrioxyd als Zusatz erhält, an; der zweite darf keinen Knoblauchgeruch ergeben, sonst waren die Zusätze arsenhaltig, der dritte muß ihn geben, andernfalls enthielt das Untersuchungsmaterial wachstumswidrige Stoffe.

Werden diese Bedingungen erfüllt, und ist Selen oder Tellur nicht zugegen, so beweist das Auftreten eines Knoblauchgeruches die Gegenwart, das Ausbleiben die Abwesenheit von Arsen.

b) Als rein chemischer Arsennachweis ist die Marshsche Probe zu nennen (vgl. Bd. 1, S. 294—296). Sie führt jedoch nur unter ganz bestimmten sachlichen Voraussetzungen und experimentellen Kautelen zu sicheren Ergebnissen. Allerdings ist die Methode derartig empfindlich, daß sie in ihrer Schärfe weit über das in diesem Rahmen hier zu fordernde und zu wünschende Maß hinausgeht. Nach Kebler sind mit dieser Methode

*) Hierauf und auch auf die Arsen führenden natürlichen Farben (Mineralfarben) wird im Abschnitt „Farben“ näher eingegangen werden.

**) Aus Gadamer, Lehrb. d. chem. Toxikologie 1924. Göttingen. (Vandenhoeck und Ruprecht.)

noch Spuren von 0,002 mg, nach Lockemann sogar noch solche von 0,0001 mg Arsen nachweisbar. Daran ist bei der Auswertung der Ergebnisse, die mit dieser Methode gefunden werden, zu denken!

Die Probe, die für den Arsennachweis nach Marsh benutzt werden soll, muß frei von organischen Substanzen sein. Um das zu erreichen, bedient man sich des Zerstörungsverfahrens von Fresenius und Babo in der von Jeserich angegebenen Abänderung. Die zerkleinerte Untersuchungssubstanz wird mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt, vorsichtig auf dem Wasserbade erwärmt — am besten in einem geeigneten widerstandsfähigen Glaskolben, der so geräumig ist, daß er nur etwa ⅓ angefüllt wird — und allmählich mit kleinen Mengen von Chlorsäure versetzt. Den Glaskolben verschließt man daher mit einem doppelt durchbohrten Stopfen, durch dessen eine Bohrung ein etwa 1 m langes, unten schräg abgeschnittenes Steigerohr führt, und in dessen anderer Bohrung ein Tropftrichter steckt. Sobald dann im Kolben die Masse schwammig aufgetrieben ist, wird allmählich Salzsäure zugegeben. Die durch das entstehende freie Chlor einsetzende Oxydationswirkung zerstört die organischen Substanzen sehr energisch. Bevor man zum Einleiten von Schwefelwasserstoff übergeht, empfiehlt es sich, das in der Lösung noch vorhandene freie Chlor zu beseitigen, indem man einen Strom von Kohlendioxyd durch die Lösung hindurchleitet. Hat man überdies zu viel Salzsäure zugegeben — es ist ratsam, bei der Zerstörung der organischen Substanz mit der Zugabe von Salzsäure so sparsam wie möglich zu sein —, so verdünnt man die Lösung durch Zugabe von Wasser. Nunmehr kann der Schwefelwasserstoff in die Lösung eingeleitet werden unter leichtem, gleichzeitigem Erwärmen der Lösung auf etwa 40—50°. Damit man völlig sicher ist, daß die gesamte Menge der durch Schwefelwasserstoff fällbaren Metalle niedergeschlagen ist, unterbricht man später das Einleiten, entfernt den Schwefelwasserstoff durch Einleiten von Kohlendioxyd und läßt mehrere Stunden stehen, damit auch die durch seine Gegenwart in Lösung gehaltenen Sulfide sich abscheiden. Der Niederschlag wird auf einem kleinen Filter schließlich gesammelt und zuerst mit gesättigtem Schwefelwasserstoffwasser, zuletzt mit reinem ausgekochten Wasser gewaschen. Im Niederschlag können nun von den hier interessierenden Metallen außer Arsen noch Zinn, Kadmium, Antimon, Quecksilber, Blei und Kupfer enthalten sein. Zur weiteren Trennung der Sulfide wird der gewaschene feuchte Niederschlag auf dem Filter mit heißem, gelbem Schwefelammonium behandelt, das zuvor einen kleinen Zusatz von ammoniakhaltigem Wasser erhalten hat. (Umrühren des Niederschlages mit einem Glasspatel, tropfenweises Zugeben des Schwefelammoniums!) Dabei gehen Arsen, Antimon und Zinn als die Ammoniumsalze ihrer Sulfosäuren in Lösung. Der auf dem Filter zurückbleibende Rückstand wird mit schwefelammonhaltigem Wasser ausgewaschen, und sämtliche schwefelammonhaltigen Lösungen werden durch Eindampfen konzentriert*). Muß man nun annehmen, daß außer Arsen noch Antimon oder Zinn, oder beide vorhanden sind, so dampft man die Lösung ein**), übergießt mit Salpetersäure, dampft abermals zur Trockne, weicht dann den Rückstand mit wenig reiner Natronlauge auf, gibt

*) Liegt Arsen allein vor, aber stark verunreinigt durch Schwefel und organische Substanz, so wird die eingedampfte Schwefelammonlösung so oft mit rauchender Salpetersäure in einer mit einem Uhrglas bedeckten Porzellanschale zur Trockne gebracht, bis der Rückstand gelbgefärbt erhalten wird.

**) Gegebenenfalls muß im Silbertiegel gearbeitet werden.

Natriumkarbonat und Natriumnitrat hinzu, dampft erneut ein und nimmt schließlich die Schmelze mit warmem Wasser auf. Sodann leitet man Kohlendioxyd in diese trübe oder klare Flüssigkeit ein und filtriert das hierbei ausfallende Antimon (als $NaSbO_2$) und Zinn (als SnO_2) von dem gelöst bleibenden Arsen (als Na_2AsO_4) ab. Nun muß die Salpetersäure aus dem arsenhaltigen Filtrat entfernt werden, und zwar durch Erhitzen mit reiner Schwefelsäure, bis die dichten weißen Schwefelsäurenebel auftreten. Dann läßt man abkühlen, verdünnt mit Wasser, dampft ein und verdünnt wieder mit Wasser, bis die Lösung etwa 15%ige Schwefelsäure enthält. Diese Lösung wird nunmehr im Apparat nach Marsh, wie in Bd. 1, S. 294—296 beschrieben, untersucht*).

c) Zur Bestätigung der auf anderem Wege gefundenen Resultate und zum Nachweis von Arsen in Reagentien und Gebrauchsgegenständen sei noch die Methode von Gutzeit (Flückiger) erwähnt, die ebenso wie die Methode nach Marsh auf der Überführung des Arsens in Arsenwasserstoff beruht. Allerdings hat die Gutzeitsche Probe den großen Nachteil, daß, außer Arsen und Antimon, Phosphor und Schwefel zum Teil sehr schwierig von Arsen zu unterscheidende Reaktionen geben. Soll diese Methode angewendet werden, so wird das Untersuchungsmaterial nach Zerstörung der organischen Substanz bei Gegenwart von Salzsäure mit reinem Zink behandelt und das entwickelte Gas auf ein Stück Filtrierpapier geleitet, das mit einem Tropfen 50%iger Silbernitratlösung getränkt ist. Die Gegenwart von Arsenwasserstoff wird durch Bildung eines zitronegelben dunkel- oder schwarzgerändeten Fleckens angezeigt. Auf Zusatz von Wasser färbt sich der Fleck momentan durch die ganze Masse dunkel. Um daher eine Täuschung zu vermeiden, ist es notwendig, das Gas vor dem Zutreffen mit Silbernitrat durch etwas Watte hindurchzuleiten. Die ganze Prüfung geschieht im Dunkeln. Die Methode kann übersichtlicher gestaltet werden, wenn nach Bird das Fließpapier statt mit Silbernitratlösung mit 5%iger Quecksilberchloridlösung getränkt und getrocknet wurde. Es ist zweckmäßig, das Papier vor der Anwendung so zu falten, daß es in mehreren Lagen übereinanderliegt. Die durch Schwefel und Phosphorwasserstoff entstehenden Flecken unterscheiden sich von den Arsenflecken nach folgender Tabelle:

	Aussehen	Verhalten gegen konzentrierte Salzsäure	
		kalt	siedend
H_2S	Gelb bis dunkelbraun	Langsam löslich	Sofort löslich, Papier wird farblos
H_3P	Gelb	Hellzitronengelb	Wird etwas intensiver hellzitronengelb
H_3As	Gelb bis orange und orangebraun	Fleck intensiver, stark zitronengelb bis orange	Noch intensiver, ziegelrot bis rotbraun

d) Zur quantitativen Arsenbestimmung stehen zahlreiche Methoden zur Verfügung, und je nach der Stärke der Vorproben empfiehlt es sich,

*) Die Gegenwart von Quecksilber verhindert die Bildung von Arsenwasserstoff, die Gegenwart von Chlor, Salpetersäure, von Wismutsalzen und von Selen verhindert dies zum Teil ebenfalls, beeinträchtigt aber stets die Empfindlichkeit der Reaktion.

bei größerem Arsengehalt gravimetrisch, bei kleinerem Arsengehalt maßanalytisch bzw. kolorimetrisch*) zu arbeiten.

α) Gravimetrisch bestimmt man das Arsen als arsensaures Ammonium-Magnesium $MgNH_4AsO_4 + 6\,H_2O$. Das, wie oben näher beschrieben, mit Schwefelwasserstoff gefällte, ausgewaschene und mit Salpetersäure (spez. Gew. 1,5) wiederholt eingedampfte Arsen wird in Wasser gelöst und filtriert. Diese Lösung wird mit etwa 20 ccm $\frac{n}{2}$-Chlorammonlösung (auf je 50 ccm Lösung) und unter dauerndem Umrühren allmählich mit etwa 20 ccm Magnesiamixtur**) versetzt. Sodann gibt man noch eine etwa $\frac{1}{3}$ von dem gesamten Flüssigkeitsvolumen betragende Menge 10%igen Ammoniak hinein. Der entstandene Niederschlag wird mit Hilfe eines gewogenen Goochtiegels abfiltriert und sodann mit 2,5%igem Ammoniak so lange ausgewaschen, bis das Filtrat keine Chlorreaktion mehr gibt. Dann wird der Tiegel mit dem gewaschenen Rückstand bei 110° getrocknet (Einhängen des Tiegels in einen größeren Porzellantiegel mittels eines Asbestringes) und schließlich nach Bestreuen der Rückstandoberfläche mit einer dünnen Schicht Ammoniumnitrat ganz allmählich bis zur hellen Rotglut erhitzt. Beträgt nach dem Erkalten das Gewicht des Rückstandes p, so gibt p · 0,6373 das Arsen als Arsentrioxyd.

β) Ein bequemes titrimetrisches Verfahren***) ist die Methode nach Reinsch, die eine Vorbereitung des Materiales derart bedingt, daß eine salzsaure Lösung vorliegt. Zu 10 ccm solcher Lösung werden dann in einem Reagenzglase 2 ccm Salzsäure hinzugegeben und eine entfettete Kupferspirale etwa zur Hälfte hineingehängt. Darauf wird das Ganze für ca. 1 Stunde im Salzwasserbade erhitzt. Zur Kontrolle, ob alles Arsen niedergeschlagen ist, wird nach dieser Zeit die Kupferspirale ein Stückchen weiter hineingetaucht. Bleibt dann dieser neu eingetauchte Teil von ihr blank, so ist der Abscheidungsprozeß beendet und die herausgenommene Spirale wird nunmehr mit bromwasserstoffhaltigem Bromwasser übergossen. Dadurch geht das Arsen in Lösung. Nun wird hierzu 1 ccm Kalilauge gegeben, zur Abscheidung des gelösten Kupfers gekocht, dann in einem langhalsigen Kochkolben mit 50 ccm verdünnter Schwefelsäure und 3—5 g Jodkalium versetzt und nach Hineinstellen einer Platinspirale in schräger Stellung für 10—15 Minuten auf freier Flamme erhitzt (Reduktion nach Jounger). Nach dem Schwächerwerden der Jodfärbung (weingelber Farbton) füllt man mit Wasser auf das frühere Volumen auf, gibt 5 ccm frische Lösung von schwefliger Säure hinzu, kocht abermals etwa 5 Minuten zur Entfernung der schwefligen Säure, läßt abkühlen und übersättigt mit Natriumbikarbonat. Schließlich wird mit $\frac{1}{100}$-Jodlösung titriert. 1 ccm 100%ige Jodlösung entspricht 0,495 mg As_2O_3.

γ) Zur maßanalytischen Bestimmung des Arsens kann man sich weiter sehr gut des ausgezeichneten Verfahrens nach Schneider-Fyfe-Beckurts bedienen:

Eine bestimmte Menge Untersuchungsmaterial wird abgewogen und, wenn nötig, mit konzentrierter Salzsäure und Kaliumchlorat zerstört

*) Vgl. dazu die von Järvinen angegebene Methode; Zeitschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1923, Bd. 45, S. 188.

**) Die Magnesiamixtur wird bereitet durch Lösen von: 55 g kristallisiertem Magnesiumchlorid und 70 g Ammoniumchlorid in 650 ccm Wasser und Auffüllen dieser Lösung auf 1 l mit starkem Ammoniak (0,96).

***) Weitere spezielle Methoden zur qualitativen und quantitativen Arsenbestimmung werden bei den einzelnen Abschnitten „Farben", „Kautschuk" usw. besprochen werden.

und in eine tubulierte Retorte (vgl. Fig. 15) übergeführt, deren gebogener Hals mit einem Vorstoß verbunden ist, der in etwas vorgelegtes Wasser gerade eintaucht. Nun werden zur Reduktion 4 g Eisenchlorür zugesetzt (oder auch 3 g Hydrazinsulfat und 1 g Kaliumbromid) und durch den Tubus ein Strom von Chlorwasserstoff*) bis zur Sättigung eingeleitet. Darauf wird die Retorte erhitzt und unter fortwährendem Durchleiten von Chlorwasserstoff etwa die Hälfte der Flüssigkeit abdestilliert (ist das Flüssigkeitsvolumen sehr groß, so kann erst, ohne Chlorwasserstoff einzuleiten, bis auf ein geeignetes Volumen abdestilliert werden, darauf mit Chlorwasserstoff übersättigt und im Chlorwasserstoffstrom übergetrieben werden). Die Vorlage (etwa 1½—2 l Inhalt) wird durch Eiswasser gekühlt und zur

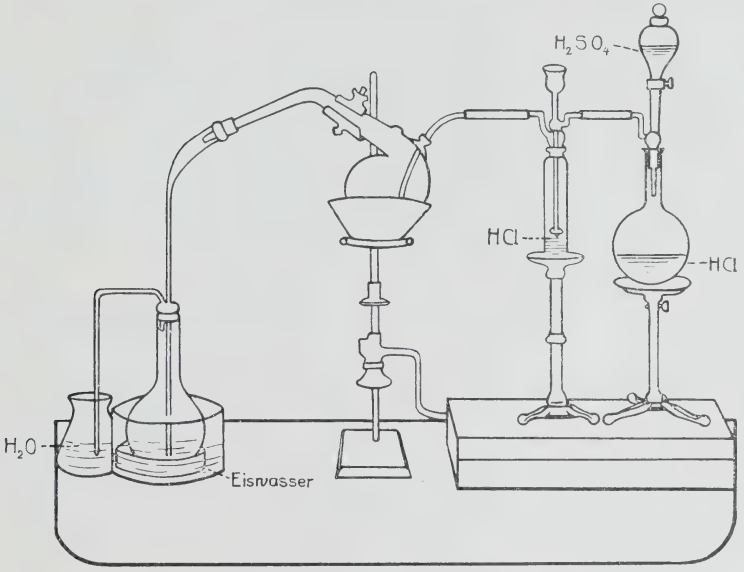


Fig. 15. (Aus Gadamer, Toxikologie.)

Vermeidung von Verlusten mit einer zweiten wasserenthaltenden Vorlage luftdicht verbunden (die Schlauchverbindungen sind mit schwarzem Patentschlauch herzustellen). Zur Beseitigung der die Titration schädigenden Fremdkörper wird das Destillat zunächst mit reiner konzentrierter Permanganatlösung bis zur kurze Zeit stehenbleibenden Rosafärbung oxydiert und nach Zugabe von 4 g Eisenchlorür im selben Apparat unter den gleichen Bedingungen noch einmal destilliert. Das Destillat wird nunmehr mit grobgepulvertem, nitritfreiem Natronhydrat unter sorgfältiger Abkühlung bis zur schwach alkalischen Reaktion behandelt, sodann mit Salzsäure schwach angesäuert und schließlich mit etwa 5—10 g Natriumbikarbonat versetzt. Sodann wird mit $\frac{n}{10}$-Jodlösung**) unter Verwendung von

*) Chlorwasserstoff wird entwickelt durch Zutropfen von konzentrierter reiner Schwefelsäure zu reiner rauchender Salzsäure.

**) Beträgt das zu titrierende Destillat z. B. 500 ccm, und wurden 20 ccm der Jodlösung verbraucht, so verdünnt man zur Titerstellung der Jodlösung 20 ccm $\frac{n}{10}$-Arsentrioxyd auf 500 ccm, setzt Natriumbikarbonat und Stärke zu und titriert nun mit der Jodlösung.

gewöhnlicher Stärkelösung als Indikator bis zum Auftreten der Blaufärbung titriert. 1 ccm $\frac{n}{10}$-Jodlösung = 0,004948 g As_2O_3.

9. Quecksilber.

1. Quecksilber spielt im Rahmen der Gebrauchsgegenstände eine untergeordnete Rolle. Durch Zufälligkeiten, z. B. durch Zinn, das mit Quecksilber verunreinigt ist, kann dennoch gelegentlich eine Quecksilbervergiftung auch in dieser Beziehung das Interesse des Hygienikers erregen. In ganz erheblich größerem Maße hingegen hat sich der Gewerbehygieniker mit dem Quecksilber und seinen Intoxikationen auseinanderzusetzen (Quecksilber verarbeitende Industrie, Thermometermacher u. dgl., gelegentlich Hutfabrikation). Lediglich das Quecksilber in der Form des Sublimates als weitverbreitetes, im Publikum bekanntes Desinfektionsmittel kann eigentlich eine Gefahrenquelle sein, die mit den Gebrauchsgegenständen in Parallele zu setzen wäre, zumal es bereits in einer Dosis von 0,5 g einen Erwachsenen zu töten vermag. Weniger giftig von den gesamten Quecksilbersalzen sind neben metallischem Quecksilber nur Kalomel und chemisch reines Zinnober. Trotzdem genügen z. B. aber von Kalomel 2—3 g, um einen Erwachsenen zu töten.

2. Zum analytischen Nachweis des Quecksilbers muß das Untersuchungsmaterial so vorbereitet werden, daß eine salzsaure Lösung vorliegt. (Wegen der Flüchtigkeit des Quecksilberchlorides ist ein Eindampfen der Lösung zu vermeiden)*). Nach Verdünnung dieser Lösung mit Wasser leitet man in der Wärme Schwefelwasserstoff ein und läßt den gebildeten Niederschlag, der bei Anwesenheit von nicht zu wenig Quecksilber über weiß, gelb und braun schließlich schwarz wird, absitzen. Es wird dann auf einem Filter gesammelt und durch Behandlung mit Salzsäure unter Zugabe von Kaliumchlorat in Lösung gebracht. Die Lösung wird bei etwa 50° vorsichtig eingedunstet und kann nun sowohl zur qualitativen wie zur quantitativen Quecksilberbestimmung verwendet werden.

a) Zur qualitativen Quecksilberbestimmung bringt man einige Tropfen dieser Lösung auf ein Kupferblech, wo sich beim positiven Ausfall der Probe ein grauer Fleck absetzt. Nach dem Abtrocknen und Reiben mit Fließpapier wird dieser Fleck silberglänzend; beim Erhitzen verschwindet er. (In ähnlicher Weise sich auf einem Cu-Blech absetzendes Blei wird durch Reiben nicht glänzend und verschwindet auch nicht beim Erwärmen.)

b) Zum quantitativen Quecksilbernachweis bedient man sich am besten der Methode von G. von Rath. In die unter 2 erhaltene salzsaure wässerige Lösung wird Schwefelwasserstoff eingeleitet. Der entstandene Niederschlag abfiltriert und mit Schwefelwasserstoffwasser gewaschen. Hierauf wird er in einer Porzellanschale mit Salpetersäure (1,2—1,3) längere Zeit gekocht, mit Wasser verdünnt, filtriert und mit salpetersäurehaltigem Wasser gewaschen. Zur Reinigung von Schwefel und von Bleisulfat wird der Niederschlag in möglichst kleiner Menge Königswasser gelöst, mit Wasser verdünnt, filtriert und nach Volhard mit Schwefelammonium

*) Liegt organische Ausgangssubstanz vor, so wird zerstört mit Salzsäure + Kaliumchlorat. Das überschüssige Chlor muß durch Einleiten von Kohlendioxyd herausgebracht werden.

gefällt*). Dabei ist folgendes zu beachten: Die saure Lösung wird mit reinem Natriumkarbonat fast neutralisiert und dann mit frisch bereitetem Schwefelammonium in geringem Überschuß versetzt. Dann wird reinste Natronlauge**) unter leichtem Umschwenken hinzugegeben. Nach beginnendem Aufhellen der Lösung wird zum Sieden erhitzt und weiter Natronlauge hinzugegeben, bis die Flüssigkeit ganz klar geworden ist. Alsdann wird mit Ammoniumnitrat versetzt und zum Vertreiben des Ammoniaks gekocht. Das dabei ausfallende Quecksilbersulfid läßt man in der Wärme absitzen, gießt die überstehende Flüssigkeit durch einen Goochtiegel, behandelt den Niederschlag so lange mit heißem Wasser, bis die Chlorreaktion negativ geworden ist, und bringt nunmehr den Niederschlag in denselben Tiegel. Nach Trocknen bei 110° wird gewogen.

$$Hg = p \cdot 0{,}86220.$$

c) Die elektrolytische Bestimmung des Quecksilbers ist insofern eine recht günstige Bestimmung, weil sie völlig unabhängig von dem vorhandenen Anion ist. Die Lösung (etwa 150 ccm) wird mit 2—3 ccm konzentrierter Salpetersäure versetzt und dann mit einem Strom von 0,3 bis 0,5 Amp. und einer Klemmspannung von 3,5—5 Volt elektrolysiert. Die Schale wird nach beendeter Elektrolyse ohne Stromunterbrechung mit Wasser gewaschen, das einfach abgegossen wird, und durch Betupfen mit Fließpapier getrocknet. Schließlich wird sie in einen Exsikkator***) eingestellt und getrocknet. Eine während der Elektrolyse vom Sublimat auftretende Trübung durch Merkurochlorid kann vernachlässigt werden.

Zur Bestimmung des Quecksilbers in der Luft arbeitet man am besten nach Heim und Hébert. Man leitet die zu untersuchende Luft sehr langsam durch eine Lungesche 10-Kugelröhre, in der sich 10 ccm Jodkalium befinden. Nach vorsichtiger Entfärbung der Lösung mit Thiosulfat und Zusatz von 2 ccm gesättigtem Schwefelwasserstoffwasser wird das Quecksilber als Sulfid gefällt und entweder quantitativ durch Wägung oder auch kolorimetrisch bestimmt. Nach Kunkel kann man auch so arbeiten, daß das Quecksilber mit Goldschaum absorbiert wird. Das durch Erhitzen wieder ausgetriebene Quecksilber wird durch ein Röhrchen geleitet, in dem sich einige Jodkörnchen befinden. Dabei scheidet sich Jodquecksilber aus, das nach vorsichtigem Verdampfen der überschüssigen Jodkörnchen auf der analytischen Wage gewogen werden kann.

Nach Kißkalt kann man die zu untersuchende Luft aber auch direkt über Jodstückchen leiten, die in einem geknickten Glasröhrchen liegen. Der Luftstrom ist so zu leiten, daß in 2 Minuten etwa 1 l Luft hinüberstreicht. Der Niederschlag wird dann durch Zugabe von $\frac{1}{1000}$-Jodkaliumlösung aufgelockert, dann ein Tropfen einer starken Jodlösung zugegeben. Dabei löst sich das Jod und das Jodquecksilber. Das Jod wird mit einem Tropfen schwacher Natronlauge entfernt, und man kann nun die durch Schwefelwasserstoffwasser entstehende Färbung zur kolorimetrischen Be-

*) Ist beim Behandeln mit Königswasser Bleisulfat in Lösung gegangen, so wird dasselbe durch Zusatz von Schwefelammonium und Kalilauge in Bleisulfid übergeführt, während das Quecksilbersalz in Lösung geht. Das Bleisulfid wird abfiltriert und mit verdünnter Kalilauge gewaschen. Dann wird das Quecksilber wie oben beschrieben als Sulfid nach Volhard gefällt.

**) Die Natronlauge soll frei sein von Ag, M_2O_3 und SiO_2.

***) Der Exsikkator soll ein Schälchen mit geschmolzenem KOH und ein Schälchen mit Hg enthalten.

stimmung benutzen (vgl. Kißkalt, Zeitschr. f. Hyg. u. Infekt. K., Bd. 71, S. 478 ff.).

10. Chrom.

1. Von den Chromaten sind zu erwähnen das Kaliummonochromat und -bichromat, ferner das Barium-, Zink-, Eisen- und Bleichromat, die als Farben benutzt werden. Das Chromhydroxyd von der Formel $Cr_2O(OH)_4$ ist das bekannte Guignetsche Grün; seine Mischung mit Pikrinsäure ist „Naturgrün", mit Berlinerblau „Chromgrün". Mit Ausnahme des in der Glas- und Porzellanfärberei verwandten geglühten Chromoxyds sind die genannten Chromfarben mehr oder weniger gesundheitsschädlich.

2. Qualitative Reaktion*) auf Chrom:

a) Ein Teil der zu untersuchenden Lösung**) wird mit verdünnter Schwefelsäure und einigen Kubikzentimetern Äther versetzt und sodann mit 1 Tropfen H_2O_2-Lösung geschüttelt. Chromsäure färbt den Äther blau.

b) Nach Zugabe von Bleiazetat wird gelber Niederschlag von Bleichromat erhalten, der in Salpetersäure löslich ist.

c) Nach Zusatz von Natriumazetat und Bariumchlorid tritt hellgelber Niederschlag von Bariumchromat auf (löslich in Salzsäure).

3. Zur quantitativen Bestimmung des Chroms benutzt man die in Bd. 1 angegebene Trennung von Zink (vgl. auch S. 108), nach der das Chrom in heißer Lösung durch Ammoniak in geringem Überschuß als Hydroxyd ausgefällt wird. Nach Waschen mit heißem Wasser wird die Ammoniakfällung wiederholt und nach abermaligem Auswaschen getrocknet, geglüht und als Chromoxyd gewogen.

$$\text{Chrom} = p \cdot 0{,}68421.$$

Eine gut maßanalytische Methode soll nach Bruchhausen und Pomp übrigens die Titration mit $\frac{n}{10}$-Thiosulfatlösung sein unter Benutzung von Stärke als Indikator (1 ccm Thiosulfatlösung = 0,004903 g Kaliumbichromat). Die Substanz wird gegebenenfalls nach erfolgter Mineralisierung nach Fresenius und Babo mit 2—3 g wasserfreier Soda und 4—5 g Kaliumperchlorat geschmolzen. Die erkaltete Schmelze wird mit wenig Wasser aufgenommen, durch Asbest filtriert und mit Schwefelsäure neutralisiert (von etwa 50 Gewichtsprozent). Dann wird nochmals Schwefelsäure zugegeben, etwa so viel, daß auf etwa je 15 ccm Flüssigkeit 1 g freie Schwefelsäure kommt, abgekühlt, 1 g Kaliumjodid hinzugegeben und nach etwa 10 Minuten das ausgeschiedene Jod wie oben beschrieben zurücktitriert.

11. Wismut.

1. Die Wismutverbindungen sind nur in ziemlich stark saurem Milieu löslich und werden durch Wasser gefällt Vergiftungen sind daher recht selten, weil die Verbindungen im Organismus in vielen Fällen eben nicht zur Resorption kommen können. In der Form des Dermatols (das basisch gallussaure Wismut) und des Xeroforms (das basische Tribromphenol-

*) Siehe auch die Vorproben.

**) Organische Stoffe werden am besten nach Fresenius und Babo aufgeschlossen. Die filtrierte Lösung wird eingedampft, neutralisiert und mit trockenem Salpeter vermischt (3—4fache Menge des angewendeten trockenen Materials) und zur Trockne gebracht. Der gepulverte Rückstand wird in schmelzenden Salpeter eingetragen und nach dem Erkalten mit H_2O ausgelaugt. Bei Chromgegenwart ist die Lösung gelb und schlägt bei Ansäuern mit Salzsäure in grün um.

wismut) sind Wismutverbindungen als Streupulver in neuerer Zeit in Gebrauch. Bei der Fabrikation der Schminke wird von Wismutsalzen das Chlorid und das basische Karbonat verwendet.

Liegt Wismut zur Untersuchung in organischem Material vor, so erfolgt die Zerstörung mit Kaliumchlorat und Salzsäure. Das Wismut liegt dann als Chlorid gelöst vor*).

2. a) Zum qualitativen Nachweis von Wismut fügt man einen Teil der zu untersuchenden Lösung zu einem Reagens, das man sich folgendermaßen herstellt: Zu 20 Tropfen Zinnchlorürlösung gibt man vorsichtig Natronlauge, bis sich der entstehende Niederschlag löst. Bei Gegenwart von Bi entsteht ein schwarzer Niederschlag.

b) Ein anderer qualitativer Nachweis besteht darin, daß zur fraglichen salzsauren Lösung Jodkalium gegeben wird, wobei ein braunroter Niederschlag entsteht. In überschüssigem Jodkalium tritt Lösung des Niederschlages mit braunroter Farbe ein. (Bei geringen Mengen Wismut ist der Farbton nur gelblich.)

3. Zum quantitativen Nachweis wird das Wismut aus schwachsaurer Lösung als Sulfid gefällt, und zwar doppelt, ähnlich wie im Abschnitt Quecksilber beschrieben. Statt dessen kann man den ersten Niederschlag auch reinwaschen durch sukzessive Behandlung mit 1. schwefelwasserstoffhaltigem Wasser, 2. Alkohol, 3. reinem Schwefelkohlenstoff, 4. Alkohol, 5. Äther. Dann wird bei 100° getrocknet und das Bi_2S_3 gewogen.

$$\text{Wismut} = p \cdot 0{,}81250.$$

12. Barium.

Die Bariumverbindungen sind außerordentlich giftig. Sie kommen aber wenig zur Geltung, weil sie nur beschränkte Verwendung finden. Lediglich die gelegentliche Verwendung des Witherits ($BaCO_3$) als Mäuse- und Rattengift könnte bei Fahrlässigkeit gefährlich sein. Es ist allerdings auch vorgekommen, daß an Stelle des teueren Bleiweißes Bariumsulfat verkauft wurde, und daß sogar Mehl mit der gleichen Verbindung verfälscht wurde. Zum Nachweise des Bariums muß man sich, wenn nicht der Fall so liegt, daß lediglich eine Bariumverbindung für sich allein zur Untersuchung vorliegt, an den (S. 106) skizzierten Trennungsgang halten. Die durch Schwefelwasserstoff von den Metallen befreite Lösung wird in der Hitze mit heißer verdünnter Schwefelsäure versetzt. Ein dabei entstehender Niederschlag wird nach etwa 1—2 Stunden abfiltriert und gründlich mit heißem Wasser gewaschen. Nach dem Trocknen wird er, wie früher beschrieben, in Soda-Pottaschegemisch aufgeschlossen; die Schmelze wird mit warmem Wasser aufgeweicht, filtriert und der Rückstand bis zum Verschwinden der Schwefelsäurereaktion gewaschen. Sodann wird er in heißer. verdünnter Essigsäure gelöst und die Lösung folgenden Reaktionen unterworfen:

a) Einige Tropfen der Lösung werden mit Salzsäure eingedampft. Der Rückstand wird in einer Platinöse in die nicht leuchtende Bunsenflamme gebracht; Barium färbt die Flamme grün.

b) Ein Teil der Lösung wird mit Kaliumchromat versetzt, das anwesendes Barium als gelbes Chromat ausfällt (löslich in verdünnter Salzsäure).

c) Ein Teil der Lösung wird nach Zugabe einiger Tropfen Salzsäure mit Schwefelsäure versetzt. Barium fällt als weißes Sulfat aus.

*) Die Trennung von anderen Metallen geschieht nach dem üblichen Trennungsgang.

Zur quantitativen Bestimmung bedient man sich der Probe c. Das erhaltene Bariumsulfat wird gewaschen, geglüht und gewogen.

Barium p · 0,58848.

13. Uran.

Die Uranvergiftungen sind sehr heftig; sie sind jedoch beim Menschen bisher (wohl infolge der minimalen industriellen Verwertung des Elementes und seiner Verbindungen) nicht beobachtet worden. Das Natriumuranat $Na_2U_2O_7$ — das Urangelb — dient zur Herstellung gelblich-grüner Glasflüsse.

Zu seiner quantitativen Bestimmung sei bemerkt, daß es am besten mittels Ammoniak als Ammoniumuranat abgeschieden, durch starkes Glühen im Platintiegel in U_3O_8 übergeführt und als solches gewogen wird. Im Trennungsgange bleibt das Uran beim Eisen und Aluminium. Zur Trennung wird die schwachsaure Lösung mit Ammonkarbonat und Schwefelammonium übersättigt, bei mäßiger Wärme im verschlossenen Kolben stehengelassen, filtriert und der Rückstand mit warmem, ammonsulfidhaltigem Wasser ausgewaschen. Das Filtrat, in dem sich das Uran befindet, wird fast zur Trockne gedampft, mit Salzsäure angesäuert, gekocht und wie oben beschrieben mit Ammoniak gefällt.

14. Mangan, Kobalt, Eisen, Kadmium, Silber, Gold und Platin.

Die genannten Metalle brauchen im Rahmen der Hygiene der Gebrauchsgegenstände nicht gesondert besprochen werden, weil sie praktisch keine Gefahren bieten. Ganz abzusehen ist in dieser Beziehung überhaupt von Eisen, Silber, Gold und Platin. Bezüglich des Kobaltes sei bemerkt, daß es in manchen Farben (Smalte, Zaffer) vorhanden ist, die aber bei Arsenabwesenheit nicht zu den giftigen Farben gehören (Analytisches dazu siehe bei Abschnitt Nickel [S. 113]). Kadmium und seine Verbindungen sind an sich sehr giftig; kommen aber zu wenig mit den Menschen in Berührung, um bisher toxikologische Bedeutung in praxi erlangt zu haben. Sein Sulfid ist unter dem Namen „jaune brillante" als Malerfarbe und zum Färben von Seifen im Gebrauch (Analytische Hinweise s. im Abschnitt Kupfer [S. 123]).

Zur quantitativen Bestimmung des Mangans (über qualitative Proben s. Bd. 1) wird dasselbe gegebenenfalls nach Entfernung der Schwefelwasserstoffmetalle mit Schwefelammonium als Sulfid gefällt. Wichtig ist sodann in der Praxis seine Trennung von Eisen und Zink. Dazu wird der Sulfidniederschlag in Salzsäure gelöst, mit Salpetersäure oxydiert und mit Natriumkarbonat neutralisiert, bis ein ganz geringer Niederschlag entsteht, der mit wenigen Tropfen Essigsäure in Lösung gebracht wird. Die Lösung wird sodann mit so viel Natriumazetat versetzt, bis nach dem Aufkochen die über dem Niederschlag stehende Flüssigkeit farblos erscheint. Der Niederschlag muß nochmals zur Reinigung in Salzsäure gelöst und wie vorher mit Natriumazetat behandelt werden. Die beiden vereinigten Filtrate enthalten das Mangan. Etwa vorhandenes Zink wird aus dieser essigsauren Lösung mit Schwefelwasserstoff ausgefällt. In dem Filtrat hiervon wird schließlich das Mangan mit Schwefelammonium als Sulfid (fleischrote Farbe) gefällt. Der Niederschlag wird in einen Porzellantiegel gebracht, geglüht und nach seiner Umwandlung in Oxyd mit wenig überschüssiger Schwefelsäure gelöst, auf dem Wasserbad zur Trockne gedampft und die überschüssige Schwefelsäure durch sorgfältiges Erhitzen

im Luftbad vertrieben. Nachdem die Schwefelsäure verjagt ist, wird bis zur Rotglut erhitzt und nach dem Erkalten das erhaltene Mangansulfat gewogen (Methode nach Volhard).

$$\text{Mangan} = p \cdot 0{,}36380.$$

IV. Gebrauchsgegenstände aus Kautschuk.

1. Mit den Gebrauchsgegenständen aus Kautschuk beschäftigt sich der § 2 des Blei- und Zinkgesetzes sowie der § 4 des Farbengesetzes.

Die Verwendung des Kautschuks für Gebrauchsgegenstände geschieht im wesentlichen in der Form von Schläuchen, von Umhüllungs- und Verschlußmitteln, von Flaschen, Trinkbechern, Saughütchen u. dgl.; weiterhin wird er zu Spielwaren, in Bekleidungsstücken usw. verarbeitet.

Die Grundsubstanz ist ein Kohlenwasserstoff $n(C_{10}H_{16})$, von Harries Isopren genannt. Hergestellt wird er aus dem Milchsaft von Pflanzen, die zur Familie der Euphobiazeen, Asklepiadeen und Apozyazeen gehören. Dieser Milchsaft enthält etwa 30—50% Kautschuk, der nach verschiedenen technischen Verfahren zur Kautschukfabrikation vorbereitet wird. Der wichtigste Prozeß in der Fabrikation ist die sogenannte Vulkanisation, bei der der Kautschuk eine Schwefelbehandlung entweder in der Hitze (Heißvulkanisation) oder in der Kälte (Kaltvulkanisation) durchmacht. Erstere liefert das Weich- und Hartgummi (Ebonit) mit 1—10% Schwefel bzw. mit 25—34% Schwefel; letztere das sogenannte Patentgummi. Neben dem Schwefel werden dem Kautschuk bei der Vulkanisation auch Schwefelantimon, Schwefelblei, unterschwefligsaures Blei, Schwefelwismut, Schwefelzink zum Teil als Ersatz für Schwefel, zum Teil als Färbe- und Füllmittel zugesetzt. Als Füllmittel werden neben den genannten Stoffen auch die Oxyde dieser Metalle sowie Eisenoxyd, Zinnober, Kreide, Gips, Schwerspat, Kaolin, Ton, Talk, Harze, Mineralöl, Asphalt, Stärke, Dextrin usw. verwendet. Außer diesen kommt auch noch weißer und brauner Faktis (in bestimmter Weise vorbereitete krümelige, elastische, weißgelbe Kautschukersatzmasse, die durch geeignete Behandlung fetter Öle gewonnen wird) als Füllmittel in Frage.

Ähnliche Stoffe wie Kautschuk sind Guttapercha (gewonnen aus dem Milchsaft von Pflanzen der Familie Sapotazeen und ähnlich wie Kautschuk verarbeitet) und Balata (gewonnen aus dem Saft des Baumes Mimusops Balata oder Sapota Mülleri).

2. Die chemische Untersuchung auf gesundheitsschädliche Bestandteile erstreckt sich in erster Linie auf die Metalle Blei, Zink, Antimon und Quecksilber, die nach den bei den einzelnen Metallen gegebenen Weisungen vorzunehmen ist.

Besondere Sorgfalt ist bei diesen Kautschukuntersuchungen auf die Gewinnung einer zuverlässigen Durchschnittsprobe zu verwenden. Man muß sich zu diesem Zweck bei Hartgummi und kompakten Weichgummiwaren am besten einer Eisen- bzw. Holzraspel bedienen; bei Weichgummi falte man diesen zu kompakten Massen zusammen und verfahre zweckmäßig ebenso. Liegt Patentgummi vor, so schneidet man sich mit der Schere aus den verschiedensten Stellen — wenn es geht, das ganze Material — lauter kleine Würfel von höchstens etwa 1 mm Kantenlänge.

Zur Zerstörung der organischen Substanz bedient man sich eines der früher besprochenen Verfahren.

Gute Dienste in dieser Hinsicht leistet das von Henriques[68]) angegebene Verfahren, nach dem wie folgt zu arbeiten ist:

Etwa 1 g der in angegebener Weise zur Untersuchung vorbereiteten Substanz wird nach und nach in ein kleines, außen unglasiertes Porzellanschälchen (etwa 30 ccm Inhalt), das zu einem Drittel mit warmer (Wasserbad!) reiner konzentrierter Salpetersäure gefüllt, und in das ein Glasstäbchen hineingestellt ist, eingetragen Nach jedem Zusatz des Untersuchungsmateriales wird ein Uhrglas auf das Schälchen gedeckt Durch geeignete Regulierung der Wärmezufuhr muß der Verlauf der Reaktion so geleitet werden, daß er nicht zu heftig wird. Ist alle Substanz eingetragen,

so wird bis zum Verschwinden der roten Dämpfe weiter erhitzt und dann zum Sirup eingedampft. (Reinigen des Uhrglases mit Fließpapier, das mit in die Lösung gegeben wird.) Sodann wird nochmals 20 ccm Salpetersäure hineingegeben, wieder zum Sirup eingedampft, mit Soda-Salpetergemisch (5 : 3) gut vermengt und schließlich noch so viel Soda-Salpeter auf die Oberfläche des verriebenen Sirups hinzugegeben, bis etwa 5 g davon verbraucht worden sind. Nun wird das Ganze auf dem Wasserbade vorsichtig weiter erhitzt und schließlich über zunächst ganz klein brennender Bunsenflamme der Schmelzfluß eingeleitet. Bildet sich dann eine Schmelze, so wird die Flamme allmählich auf groß gestellt. (Dauer der Operation etwa 1½ Stunden.) Nach dem Erkalten wird sie mit heißem Wasser aufgenommen und schnell filtriert. Dies Filtrat enthält den gesamten Schwefel in Form des Sulfates, auf dem Filter bleiben die alkalischen Erden und die Schwermetalle. Im folgenden ist eine Zusammenstellung des Analysenganges nach Frank und Marckwald gegeben, nach der fast alle Kautschukwaren untersucht werden können *).

(Siehe Tabelle S. 143.)

Zur Erläuterung des Analysenschemas sei noch kurz erwähnt, daß die Wasserbestimmung im Porzellanschiffchen, und zwar im langsamen Wasserstoff- oder Kohlensäurestrom vorzunehmen ist. Die Aschenbestimmung wird mit etwa 0,5 g Substanz in einer außen unglasierten Porzellanschale durchgeführt, wobei zunächst auf sehr vorsichtiges Erhitzen zu achten ist, damit die fortsublimierenden organischen Stoffe nicht Feuer fangen. In der hierbei erhaltenen Mineralasche wird die qualitative und quantitative Bestimmung der Metalle vorgenommen. Neben Quecksilber und Antimon wird in erster Linie das Blei und Zink stets von Wichtigkeit sein.

Die Trennung dieser beiden Metalle wird am besten nach dem von J. Boes[69]) angegebenen Verfahren erledigt. Nach Zerstörung der Untersuchungssubstanz mit konzentrierter Salpetersäure wird der Rückstand mit Soda und Salpeter geschmolzen, nach dem Erkalten mit verdünnter Salpetersäure ausgezogen, das Filtrat eingedampft, der Rückstand mit wenig Wasser, das mit ein paar Tropfen Salpetersäure angesäuert ist, gelöst und das Blei in früher besprochener Weise mit verdünnter Schwefelsäure gefällt**). Der in verdünnter Salpetersäure unlöslich gebliebene Teil wird mit Ammoniumazetatlösung aufgenommen, filtriert und das Blei in diesem Filtrat durch Einleiten von Schwefelwasserstoff gefällt. Das Bleisulfid wird abfiltriert, mittels Salpetersäure gelöst, mit Schwefelsäure als Sulfat wieder gefällt und mit dem zuvor erhaltenen Bleisulfat vereinigt. Das erste salpetersaure Filtrat von Bleisulfat wird nach Entfernen des Alkohols mit Natriumbikarbonat neutralisiert, mit Essigsäure angesäuert, mit Rhodanammonium versetzt und mit Schwefelwasserstoff gesättigt. Das Zinksulfid läßt man absitzen — am besten im verschlossenen Kolben — und wäscht den Niederschlag mit 5%igem Rhodanammon enthaltenden Schwefelwasserstoffwasser unter Bedecken des Trichters. Das feuchte Zinksulfid wird in Salzsäure gelöst, das Filter gründlich mit Salzsäure, zuletzt mit heißem Wasser gewaschen und die gesamte Lösung zum Verjagen des Schwefelwasserstoffes erhitzt. Aus dieser Lösung wird das Zink mit reinem Natriumkarbonat gefällt; der Niederschlag wird abfiltriert, gewaschen, getrocknet, kräftig geglüht und schließlich als Zinkoxyd (ZnO) gewogen.

*) Wenn Quecksilber bestimmt werden muß, eignet sich dieses Verfahren nicht.
**) Vgl. Abschnitt Blei.

Zusammenstellung des Analysenganges*)

(für fast alle Fälle anwendbar, bei Weich- und Hartkautschukwaren).

1. Ausgangsmaterial wird mit Aceton ausgezogen				4. Direkte Bestimmungen im Ausgangsmaterial
A. Auszug:	B. Rückstand wird in zwei Gruppen weiter bearbeitet:			
	2. Behandeln mit alkoholischem Kali		3. Behandeln mit Xylol im Autoklaven	
	C. Auszug:	D. Rückstand:	E. Lösung:	F. Rückstand:	
Gesamte Menge des freien Schwefels	Weißer Faktis, Brauner Faktis } Daran gebundenes Chlor und Schwefel	Kautschuksubstanz, daran gebunden Schwefel	Kautschuksubstanz mit daran gebundenem Schwefel	Füllstoffe	Wasser
Harzsubstanz des Kautschuks	Oxydierte fette Öle	Mineralbestandteile, soweit nicht mit alkoholischem Kali zersetzbar und löslich (zur Nitrositbestimmung nach Alexander)	Faktis	Ruß, Graphit, Mehl, Zellulose usw.	Asche (wird zur qualitativen Untersuchung verwendet)
Zersetzte Kautschuksubstanz	Chlor, welches an Kautschuk gebunden war		Fremde Harze	Alle Mineralfüllmittel	Gesamter Schwefel
Partiell geschwefelte Faktisanteile	Teil des Zinkoxyds und Goldschwefels			Karbonate und Sulfide (zersetzt)	Gesamtes Chlor
Fremde Harze	Verseifbare, nicht in Aceton lösliche fremde Harze			Eiweißsubstanz aus Kautschuk (meist teilweise zersetzt)	Goldschwefel
Harzöle				Zinnober enthaltende Mischungen dürfen nur im zugeschmolzenen Glase mit Xylol behandelt werden wegen der Flüchtigkeit der Quecksilberverbindung — Schädigung des Autoklaven	Zinnober
Mineralöle					Sulfidschwefel
Feste Kohlenwasserstoffe					Direkte Bestimmung der Kautschuksubstanz (Axelrod)
Flüssige Kohlenwasserstoffe					
Freie fette Öle					
Wachs					
Lanolin					
Lösliche Anteile von Teeren, Pechen und Asphalten					
Organische Farben					
Wasser aus der Probe (indirekte Bestimmung)					

*) Aus König, Chemie der Nahrungsmittel usw., Bd. 3, S. 816.

Die Extraktion mit Azeton geschieht am besten im Soxhlet für etwa 6—10 Stunden.

Die Behandlung mit alkoholischem Kali zur Faktisbestimmung wird mit 25 ccm $\frac{n}{2}$ alkoholischer Kalilauge pro 5 g Substanz für 4 Stunden am Rückflußkühler durchgeführt.

Die Xylolextraktion muß im Autoklaven vorgenommen werden.

V. Farben.

Die Farben, die für Nahrungs- und Genußmittel und Gebrauchsgegenstände verwendet werden, unterliegen den Bestimmungen des eingangs mitgeteilten Gesetzes vom 5. Juli 1887. Auch der § 12 des Gesetzes vom 14. V. 1879 ist bei der Beurteilung von Farben hinsichtlich der gesundheitlichen Schädlichkeit mit zu berücksichtigen.

1. Von den unorganischen Farben, den sogenannten Mineralfarben, ist die Anwendung der folgenden Farben zum Färben für Nahrungs-, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände verboten:

Weiße Farben

Bleiweiß ($2\,PbCO_3 \cdot Pb[OH]_2$)
Metallweiß ($PbSO_4$)
Zinkweiß (ZnO)
Lithopone ($BaSO_4 + ZnS$)
Blanc fixe (Schwerspat)

Rote Farben

Chromrot [$PbCrO_4 \cdot Pb(OH)_2$]
Mennige (Pb_2O_4)
Zinnober (HgS)

Braune Farben

Florentinerbraun [$Cu_2Fe(CN)_6$]

Graue Farben

Zinkgrau (Zn + Kohle)
Galamine (gemahlene Zinkblende oder gemahlener Galmei)

Gelbe Farben

Barytgelb ($BaCrO_4$)
Chromgelb ($PbCrO_4$)
Kadmiumgelb (CdS)
Musivgold (SnS_2)
Neapelgelb
Antimongelb [im wesentlichen Bleiantimoniat $Pb_3(SbO_4)_2$]
Operment (As_2S_3)
Zinkgelb ($ZnCrO_4$)

Blaue Farben

Bergblau [$2\,CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$]
Bremerblau [$Cu(OH)_2$]
Coeruleum
Kobaltstannat ($CoSnO_3$)

Grüne Farben

Schweinfurtergrün
Scheellesches Grün [$3\,CuAs_2O_4 + Cu(C_2H_3O_2)_2$]
Berggrün [$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$]
Grünspan [$Cu(C_2H_3O_2)_2 \cdot 2\,Cu(OH)_2$]
Kuhlmanns Grün (basisches Kupferchlorid)
Casselmanns Grün (basisches Kupfersulfat)
Chromoxydgrün (Cr_2O_3)
Guignetsgrün, Smaragdgrün, Casalisgrün } [$Cr_2O \cdot (OH)_4$]
Arnaudons Grün (Chromphosphat)
Rinmanns Grün
Kobaltgrün ($ZnO \cdot CoO$)
Grüner Zinnober (Berlinerblau + Chromgelb)
Zinkgrün (Pariserblau + Zinkgelb)

Ist der chemische Nachweis für das Vorliegen einer solchen Farbe zu führen, so empfiehlt es sich zunächst, die Vorproben anzustellen, über die im einzelnen auf S. 102 Näheres ausgeführt worden ist.

Zur qualitativen und quantitativen Analyse muß dann zum Aufschluß der Verbindung geschritten werden. Handelt es sich nach dem Ausfall der Vorproben um die Bestimmung der basischen Bestandteile, so kann mit konzentrierter Schwefelsäure, Salpeter- oder Salzsäure oder Salzsäure + Kaliumchlorat gearbeitet werden. Sollen hingegen auch die sauren Bestandteile (z. B. Chromsäure, Schwefelsäure u. dgl.) bestimmt werden, so muß die Natron-Kalischmelze mit herangezogen werden.

Die Einwage ist am besten nach der für Arsen und Zinn erlassenen amtlichen Vorschrift immer so zu wählen, daß von gefärbten Nahrungs- und Genußmitteln 20 g, von Flüssigkeiten eine solche Menge, daß sie etwa 20 g Trockensubstanz repräsentiert, von oberflächlich gefärbten Gegenständen etwa 20 g abgeschabte oder abgeraspelte Oberflächenschicht untersucht werden.

Am häufigsten sind Arsenbestimmungen zu machen, die nach einem der unter Arsen mitgeteilten Untersuchungsverfahren durchzuführen sind.

2. Von den organischen Farbstoffen führt das Farbengesetz auf: Gummigutti, Koralin (auch Aurin, Paeonin genannt) und Pikrinsäure (auch Welters Bitter, Pikrylbraun genannt).

Für diese drei Farben sind bei der Untersuchung folgende Vorschriften zu beachten, die unter dem Vorsitz des Reichsgesundheitsamtes von einer Kommission festgelegt wurden [Grünhut[70])].

Gummigutti. Man zieht die mit Sand verriebene und mit Salzsäure durchfeuchtete Masse mit Äther oder Chloroform aus. Ist der Äther oder das Chloroform gefärbt, so verdünnt man einen Teil der Lösung mit Alkohol und fügt Eisenchlorid hinzu. Tritt hierbei Schwarzfärbung auf, so kann Gummigutti zugegen sein. In diesem Falle wird der ätherischen Lösung durch stark verdünntes Ammoniak die Gambiogasäure entzogen und diese nach dem Verdampfen der Lösung durch ihr Verhalten gegen Metallsalze, z. B. gegen Bariumchlorid, Kupfersulfat usw., nachgewiesen [Hirschsohn[71])].

Korallin. Die zu untersuchende Masse wird mit Sand verrieben und nacheinander mit Äther und Alkohol extrahiert. Die Auszüge werden verdunstet und der Rückstand mit verdünnter Natronlauge ausgezogen. Wird die alkalische purpurrote Lösung mit Ferrizyankalium versetzt, so wird die rote Farbe der Lösung noch viel dunkler. Zum weiteren Nachweis der diese Reaktion bedingenden Pseudorosolsäure vgl. Zulkowsky[72]).

Pikrinsäure. Man kocht mit Alkohol aus, verdampft die Lösung zur Trockne und löst den Rückstand in Wasser. Die neutrale oder schwach schwefelsaure Lösung färbt Wolle stark gelb, gibt mit einer Lösung von Kaliumzyanid und Kalihydrat beim gelinden Erwärmen eine tiefrote Färbung von Isopurpursäure, und mit Kalilauge und etwas Traubenzucker erwärmt, gleichfalls Rotfärbung von Pikraminsäure.

Außer diesen gesetzlich aufgeführten verbotenen Farbstoffen sind aber auch noch zahlreiche Teerfarbstoffe als giftig bzw. gefährlich anzusehen. Von den bekannten und häufiger im Gebrauch befindlichen Teerfarbstoffen sind lediglich die folgenden als unschädlich anzusehen.

Fuchsin (Synonyma: Rubin, Magenta, Rosein, Brillantfuchsin)
Säurefuchsin (Fuchsin S, Rubin S)
Roccellin (Roscellin, Echtrot, Rouge I, Brillantrot)
Bordeaux- und Ponceaurot
Eosin
Erythrosin
Phloxin P
Amaranth (Naphtholrot, Azorubin)
Ponceau III R (Cumidinscharlach)
Alizarinblau
Anilinblau
Wasserblau
Indogoline
Induline
Säuregelb (Echtgelb R, G, S, Neugelb L)
Tropaeolin (Orange I, Naphtholorange und Orange R)
Naphtholgelb (Citronin A, Schwefelgelb S, Säuregelb S)
Orange L (Scharlach R und GR, Orange N)
Hellgrün SF gelblich (Lichtgrün SF gelblich, Säuregrün)
Malachitgrün
Methylviolett B und 2 B (Pariser Violett).

Das Material, in welchem die Farbe zur Untersuchung und Beanstandung vorkommen kann, ist, wie schon das Farbgesetz zeigt, recht

verschiedenartig. In seinen Einzelbestimmungen läßt das Gesetz folgende Gruppen erkennen:

a) Aufbewahrungs- und Verpackungsmaterial von Nahrungs- und Genußmitteln, Gefäße, Umhüllungen und Schutzbedeckungen u. dgl. Hierher gehören neben den Emails und Glasuren auch Firnisse, Lacke usw., auch besondere Papierarten, wie z. B. Pergamentpapier und Zigarettenpapier.

b) Farben für kosmetische Mittel. Hierzu zählen die Haar- und Lippenpomaden, Schminken, Puder, Toilettenwässer, Haaröle, Haar- und Lippenfärbemittel, Zahnpflegemittel, Seifen u. dgl.

Bei der Untersuchung dieser Körper ist außer an die im Gesetz genannten Farben auch noch an andere organische Stoffe, wie Pyrogallol und Paraphenylendiamin zu denken, die mehrfach in kosmetischen Präparaten angetroffen worden sind.

Zur Untersuchung auf Pyrogallol entfernt man zweckmäßig zuerst das Fett durch Ausschütteln der sauren, wässerigen Lösung mit Benzol. Sodann schüttelt man das Pyrogallol mit Äther aus. Zur Identifizierung dienen folgende Reaktionen:

Eisenchlorid: rote Färbung; wird auf Zugabe von $CaCO_3$ blau.
Millon wird reduziert.
Liebermann*): braunschwarze Färbung.
Eykmann**): rotbrauner Ring.

Mit Formaldehyd und starker Salzsäure tritt in der Kälte oder bei ganz gelindem Erwärmen rubinrote Färbung auf.

Paraphenylendiamin***) wird aus der Substanz durch Ausschütteln der etwas Schwefelammonium enthaltenden, vorher filtrierten und schwach alkalisch gemachten Lösung mit Äther isoliert. Nach Verjagen des Äthers kann der Rückstand noch durch Sublimation gereinigt werden. Reaktionen auf Paraphenylendiamin in der fraglichen Lösung, die mit Salzsäure schwach angesäuert worden ist, sind folgende:

1. Zusatz von einigen Tropfen 5%iger Kaliumnitritlösung gibt gelbe Färbung, die beim Alkalischmachen mit Natronlauge in tiefbraunrot umschlägt.
2. Gelindes Erwärmen mit Schwefelwasserstoff und Eisenchlorid gibt violette Färbung.
3. Zusatz von Anilin und wenig Eisenchlorid gibt blaue Färbung.

c) Farben für Spielwaren (einschl. für Bilderbogen, Bilderbücher und Tuschfarben für Kinder), Blumentopfgitter und künstliche Christbäume. Handelt es sich hierbei um Gewebe, z. B. Puppenkleider, Vorhänge, Teppiche und Tapeten von Puppenstuben, so sind dieselben loszulösen und lediglich auf Arsen zu prüfen. Ebenso brauchen die auf Spielzeugen auf dem Wege des Buch- oder Steindruckes hergestellten Bilder und Verzierungen nur auf Arsen geprüft zu werden.

Für oberflächlich bemalte Spielsachen sind Arsen, Antimon, Kadmium, Uran, Pikrinsäure, Korallin und Gummigutti ohne jede Einschränkung verboten.

d) Farben für Buch- und Steindruck. Hierbei ist außer auf Arsen auch auf Metallfarben, insbesondere auf Bleiweiß bei der Untersuchung das Augenmerk zu richten.

---

*) Lösung und konzentrierte Schwefelsäure + Liebermanns Reagens (= Kaliumnitrit in 10 g konzentrierter Schwefelsäure gelöst).

**) Lösung wird mit einigen Tropfen Spiritus Aetheris nitrosi versetzt und mit konzentrierter Schwefelsäure unterschichtet.

***) Außer dem Phenylendiamin kommen als Haarfärbemittel noch andere ebenfalls nicht ungiftige organische Basen in Frage, wie z. B. p = Amidodiphenylamin, p = Amidophenyltolylamin, 1,2-Naphytylendiamin, p-Amidophenol, p-Methylaminophenol. Ihre Ermittlung geht wie die oben beschriebene vor sich. Die Phenolbasen werden mit Äther jedoch besser aus Natriumbikarbonat-alkalischer Lösung ausgeschüttelt. (Zum Nachweis in gefärbten Haar- und Pelzproben vgl. Erdmann, Zeitschr. f. angew. Chemie 1905, Bd. 18, S. 1377.)

c) Tuschfarben. Farbkreiden, die arsen- oder bleihaltig sind, fallen ebenfalls hierunter. Vor ihrem Gebrauch sind ministerielle Warnungen, z. B. in Bayern, gesondert erlassen worden.

f) Farben für Tapeten, Möbelstoffe, Teppiche, Stoffe zu Vorhängen oder Bekleidungsstücken, Masken, Kerzen, künstliche Blätter, Blumen, Früchte, Schreibmaterialien, Lampen-, Lichtschirme und -manschetten. Außer den Bestimmungen des Farbgesetzes kommt hier weiterhin der § 12, Absatz 2 des Nahrungsmittelgesetzes in Frage, der folgendes sagt:

„Mit Gefängnis ... wird bestraft ...

2. Wer vorsätzlich Bekleidungsgegenstände usw. derart herstellt, daß der bestimmungsgemäße oder vorauszusehende Gebrauch dieser Gegenstände die menschliche Gesundheit zu beschädigen geeignet ist, ingleichen, wer wissentlich solche Gegenstände verkauft, feilhält oder sonst in Verkehr bringt. Der Versuch ist strafbar."

g) Farben für Oblaten. Hierbei muß unterschieden werden zwischen Oblaten, die zum menschlichen Genuß dienen sollen (als Unterlage für Backware u. dgl.) und solchen, die als Siegeloblaten usw. verwendet werden. Bei letzteren ist die Verwendung von schwefelsaurem Barium, Chromoxyd und Zinnober gestattet.

Zur chemischen Untersuchung behandelt man, um aufzuschließen, etwa 10 g entweder mit konzentrierter Schwefelsäure oder mit Salzsäure + Kaliumchlorat.

h) Farben für Anstrich von Fußböden, Decken usw., von Wohn- und Geschäftsräumen, Roll-, Zug- oder Klappläden oder Vorhängen, von Möbeln und sonstigen Gebrauchsgegenständen.

Eine Erleichterung bei der analytischen Untersuchung von Gebrauchsgegenständen, die unter das Farbengesetz fallen, mögen noch folgende Hinweise bringen.

α) Nachweis des Arsens in Farben. Handelt es sich um Anilinfarben, so arbeitet man am besten nach dem auf S. 131 beschriebenen Verfahren nach Schneider und Fyfe oder nach dem Verfahren Gutzeit.

Ganz allgemein anwendbar ist die biologische Methode nach Morpurgo und Brunner. In einem zylindrischen Glase wird an einem unten umgebogenen Glasstabe eine runde Kartoffelschnitte so befestigt, daß man sie herausziehen kann. Nach der Sterilisation wird auf die Kartoffelscheibe Penicillium brevicaule geimpft und bei 37° gehalten. In einem zweiten solchen Glase werden 5 g Farbstoff mit 2 g arsenfreiem Weinstein mit Wasser zum dicken Brei angerührt und nach der Sterilisation darauf die Kartoffelschnitte so aufgesetzt, daß sie den Farbstoff gerade berührt. Nach Einsetzen in den Brutschrank ergeben 0,01% bereits nach 4 Stunden, 0,0018 nach 24 Stunden den charakteristischen Knoblauchgeruch.

Liegen Erdfarben zur Untersuchung vor, so wird deren Aufschluß entweder durch Kochen mit konzentrierter Schwefelsäure oder durch Schmelzen mit Kaliumbisulfat erzielt.

β) Arsennachweis in Tapeten. Als Vorprobe kann man sich einer einfachen Verbrennung der angezündeten betreffenden Tapete bedienen, weil nach dem Ausblasen der Flamme beim Nachglimmen infolge der reduzierenden Wirkung der Kohle Knoblauchgeruch entsteht. Die Probe ist nur bei positivem Ausfall beweisend, verrät aber dann auch gleichzeitig, daß der Arsengehalt sicher ein zu beanstandendes Maß hat.

Zur quantitativen Bestimmung ist am besten nach Schneider-Fyfe zu arbeiten (S. 134).

γ) Zur Analyse von Gespinnsten und Geweben [auch Leder]*) sei im folgenden das amtliche Verfahren mitgeteilt:

Verfahren zur Feststellung des Arsengehaltes in Gespinnsten oder Geweben (§ 7 des Ges.).

(Auszug aus der Bekanntmachung des Reichskanzlers, betreffend die Untersuchung von Farben, Gespinnsten und Geweben auf Arsen und Zinn. Vom 7. April 1888.)

1—12. .....

13. Man zieht 30 g des zu untersuchenden Gespinnstes oder Gewebes, nachdem man dasselbe zerschnitten hat, 3—4 Stunden lang mit destilliertem Wasser bei 70—80° C aus, filtriert die Flüssigkeit, wäscht den Rückstand aus, dampft Filtrat und Waschwasser bis auf etwa 25 ccm ein, läßt erkalten, fügt 5 ccm reine konzentrierte Schwefelsäure hinzu und prüft die Flüssigkeit im Marshschen Apparat unter Anwendung arsenfreien Zinks auf Arsen.

Wird ein Arsenspiegel erhalten, so war Arsen in wasserlöslicher Form in dem Gespinnste oder Gewebe vorhanden.

14. Ist der Versuch unter Nr. 13 negativ ausgefallen, so sind weitere 10 g des Stoffes anzuwenden und dem Flächeninhalte nach zu bestimmen. Bei Gespinnsten ist der Flächeninhalt durch Vergleichung mit einem Gewebe zu ermitteln, welches aus einem gleichartigen Gespinnste derselben Fadenstärke hergestellt ist.

15. Wenn die nach Nr. 13 und 14 erforderlichen Mengen des Gespinnstes oder Gewebes nicht verfügbar gemacht werden können, dürfen die Untersuchungen an geringeren Mengen, sowie im Fall der Nr. 14 auch an einem Teile des nach Nr. 13 untersuchten, mit Wasser ausgezogenen, wieder getrockneten Stoffes vorgenommen werden.

16. Das Gespinnst oder Gewebe ist in kleine Stücke zu zerschneiden, welche in eine tubulierte Retorte aus Kaliglas von etwa 400 ccm Inhalt zu bringen und mit 100 ccm reiner Salzsäure von 1,19 spez. Gew. zu übergießen sind. Der Hals der Retorte sei ausgezogen und in stumpfem Winkel gebogen. Man stellt dieselbe so, daß der an den Bauch stoßende Teil des Halses schief aufwärts, der andere Teil etwas schräg abwärts gerichtet ist. Letzteren schiebt man in die Kühlröhre eines Liebigschen Kühlers und schließt die Berührungsstelle mit einem Stück Kautschukschlauch. Die Kühlröhre führt man luftdicht in eine tubulierte Vorlage von etwa 500 ccm Inhalt. Die Vorlage wird mit etwa 200 ccm Wasser beschickt und, um sie abzukühlen, in eine andere mit kaltem Wasser gefüllte Schale eingetaucht. Den Tubus der Vorlage verbindet man in geeigneter Weise mit einer mit Wasser beschickten Péligotschen Röhre.

17. Nach Ablauf von etwa 1 Stunde bringt man 5 ccm einer aus Kristallen bereiteten, kalt gesättigten Lösung von arsenfreiem Eisenchlorür in die Retorte und erhitzt deren Inhalt. Nachdem der überschüssige Chlorwasserstoff entwichen, steigert man die Temperatur, so daß die Flüssigkeit ins Kochen kommt, und destilliert, bis der Inhalt stärker zu steigen beginnt. Man läßt jetzt erkalten, bringt nochmals 50 ccm der Salzsäure von 1,19 spez. Gew. in die Retorte und destilliert in gleicher Weise ab.

18. Die durch organische Substanzen braun gefärbte Flüssigkeit in der Vorlage vereinigt man mit dem Inhalt der Péligotschen Röhre, verdünnt mit destilliertem Wasser etwa auf 600—700 ccm und leitet, anfangs unter Erwärmen, dann in der Kälte, reines Schwefelwasserstoffgas ein.

19. Nach 12 Stunden filtriert man den braunen, zum Teil oder ganz aus organischen Substanzen bestehenden Niederschlag auf einem Asbestfilter ab, welches man durch entsprechendes Einlegen von Asbest in einen Trichter, dessen Röhre mit einem Glashahn versehen ist, hergestellt hat. Nach kurzem Auswaschen des Niederschlages schließt man den Hahn und behandelt den Niederschlag in dem Trichter unter Bedecken mit einer Glasplatte oder einem Uhrglas mit wenigen Kubikzentimeter Bromsalzsäure, welche durch Auflösen von Brom in Salzsäure von 1,19 spez. Gew. hergestellt worden ist. Nach etwa ½stündiger Einwirkung läßt man die Lösung durch Öffnen des Hahnes in den Fällungskolben abfließen, an dessen Wänden häufig noch geringe Anteile des Schwefelwasserstoffniederschlages haften. Den Rückstand auf dem Asbestfilter wäscht man mit Salzsäure von 1,19 spez. Gew. aus.

20. In dem Kolben versetzt man die Flüssigkeit wieder mit überschüssigem Eisenchlorür und bringt den Kolbeninhalt unter Nachspülen mit Salzsäure von 1,19 spez. Gew. in eine entsprechend kleinere Retorte eines zweiten, im übrigen dem in Nr. 16 beschriebenen gleichen Destillierapparates, destilliert, wie in Nr. 17 angegeben, ziemlich weit ab, läßt

*) Bei Leder, Gespinnsten und Geweben sowie bei Tapeten ist daran zu denken, daß antimonhaltige Farben und Beizen vorliegen können. Das am besten nach Schneider-Fyfe zu erhaltende Destillat ist dann nach Gutzeit oder nach Reinsch zu prüfen.

erkalten, bringt nochmals 50 ccm Salzsäure von 1,19 spez. Gew. in die Retorte und destilliert wieder ab.

21. Das Destillat ist jetzt in der Regel wasserhell. Man verdünnt es mit destilliertem Wasser auf etwa 700 ccm, leitet Schwefelwasserstoff, wie in Nr. 18 angegeben, ein, filtriert nach 12 Stunden das etwa niedergefallene dreifache Schwefelarsen auf einem, nacheinander mit verdünnter Salzsäure, Wasser und Alkohol ausgewaschenen, bei 110° C getrockneten und gewogenen Filterchen ab, wäscht den Rückstand auf dem Filter erst mit Wasser, dann mit absolutem Alkohol, mit erwärmtem Schwefelkohlenstoff und schließlich wieder mit absolutem Alkohol aus, trocknet bei 110° C und wägt.

22. Man berechnet aus dem erhaltenen dreifachen Schwefelarsen die Menge des Arsens und ermittelt, unter Berücksichtigung des nach Nr. 14 festgestellten Flächeninhaltes der Probe, die auf 100 qcm des Gespinnstes oder Gewebes entfallende Arsenmenge.

Liegen gefärbte Kerzen zur Prüfung vor, so wird in einem mit Steigrohr versehenen Kolben die Kerzenmasse mit konzentrierter Salzsäure unter Umschütteln im Wasserbade erwärmt. Ist Entfärbung der Kerzenmasse eingetreten, so wird dieselbe herausgenommen und die Lösung auf Kupfer und Arsen untersucht.

Gefärbter Streusand, Glas, Smalte wird nach feinem Pulvern mit der dreifachen Menge Kalium-Natriumkarbonat aufgeschlossen. Die warme Schmelze wird mit Wasser aufgeweicht, mit Salzsäure angesäuert und unter Zugabe von Kaliumchlorat eingedampft. Der sandige Rückstand wird mit Wasser ausgezogen und nach Zugabe von Schwefelsäure nach Marsh untersucht.

Handelt es sich darum, Arsen in Luft nachzuweisen, also etwa in einem Zimmer mit verdächtigen Tapeten, so saugt man 50—80 l der betreffenden, wattefiltrierten Luft mit Hilfe eines Aspirators durch ein Verbrennungsrohr langsam hindurch, das folgendermaßen vorzubereiten ist. Ein 60 cm langes Verbrennungsrohr wird zu $\frac{1}{3}$ mit ausgeglühtem und mit Salzsäure gewaschenem Asbest, die übrigen $\frac{2}{3}$ mit ebenso vorbehandeltem und mit Natronlauge durchtränktem Asbest gefüllt. Im Verbrennungsofen wird das erste Drittel des Rohres zum Glühen erhitzt und dann die Luft so durchgesaugt, daß sie zuerst über den glühenden Asbest und dann über den mit Natronlauge befeuchteten streicht. Nach dem Erkalten wird die Asbestfüllung des Rohres herausgenommen, mit Wasser extrahiert, der Extrakt eingedampft, mit Schwefelsäure angesäuert und im Marsh (S. 131) oder besser nach Gutzeit (S. 133) untersucht.

VI. Zündwaren, Zündhölzer.

Das Reichsgesetz vom 10. Mai 1903 verbietet die Anwendung des giftigen, gelben Phosphors für alle Zündwaren. Zünd- und Streichhölzer sind also gegebenenfalls auf gelben Phosphor zu untersuchen.

Prüfung auf weißen und gelben Phosphor nach der amtlichen Anwendung für die chemische Untersuchung von Zündwaren*).

1. Vorbemerkung.

Die nachfolgenden Untersuchungsvorschriften finden Anweisung bei der Prüfung:

1. von rotem und von hellrotem Phosphor sowie von Phosphor-, namentlich Schwefelphosphorverbindungen, welche zur Bereitung von Zündmassen Verwendung finden.
2. Von Zündmassen.
3. Von Zündhölzern sowie sonstigen Zündwaren.

*) Rundschreiben des Reichskanzlers vom 25. Dez. 1906. Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes 1907, Bd. 31, S. 146; Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1907, Bd. 13., S. 509.

Von diesen sind Zündmassen, Zündhölzer und sonstige Zündwaren stets nach dem nachstehend unter 3 angegebenen Verfahren und bei positivem Ausfall weiter nach Verfahren 4 zu untersuchen.

Roter Phosphor ist nur nach Verfahren 3 zu prüfen. Bei der Untersuchung von Schwefelphosphorverbindungen und hellrotem Phosphor findet das Verfahren 3 keine Anwendung.

2. Herrichtung der Probe zur Untersuchung.

Der zu prüfende Stoff wird zunächst, soweit es notwendig ist, im Exsikkator so lange getrocknet, bis eine Probe sich mit Benzol gut benetzt und darauf, soweit die Explosionsgefährlichkeit dies zuläßt, möglichst zerkleinert. Bei Zündhölzern ist ein Trocknen im Exsikkator in der Regel nicht erforderlich; es wird hier die Zündmasse vorsichtig mit einem Messer abgeschabt. Läßt die leichte Entzündlichkeit der Zündmasse eine derartige Ablösung nicht zu, so werden die Zündköpfe möglichst kurz abgeschnitten. Die also vorbereitete Masse wird hierauf in einem mit einem Rückflußkühler verbundenen Kolben auf kochendem Wasserbade ½ Stunde lang mit Benzol im Sieden erhalten, und zwar werden hierzu von Phosphor und Phosphorverbindungen je 3 g und je 150 ccm Benzol, von Zündmassen 3 g und 15 ccm Benzol angewendet (von Zündhölzern entweder 3 g der abgeschabten oder 200 Zündhölzerköpfe und 15 ccm Benzol angewendet). Die gewonnene Benzollösung, welche den etwa vorhandenen weißen oder gelben Phosphor enthält, wird nach dem Erkalten durch ein Faltenfilter filtriert und dient zu den nachstehenden Prüfungen.

3. Prüfung mittels ammoniakalischer Silbernitratlösung.

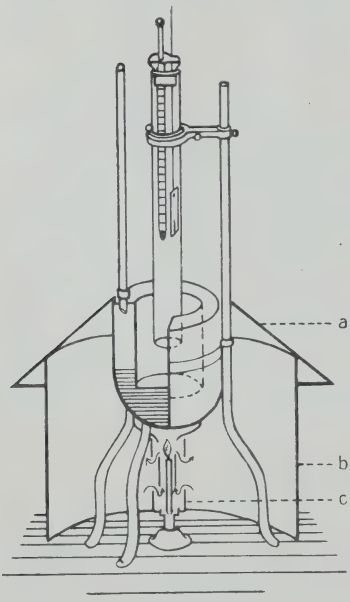


Fig. 16. (Aus König, Chem. der Nahrungsm. usw.). *a* schirmartige Hülle aus Eisenblech, *b* zylindrische Hülse aus Eisenblech, *c* Brenner mit Blechmantel.

1 ccm der Benzollösung wird zu 1 ccm einer ammoniakalischen Silbernitratlösung gegeben, welche durch Auflösen von 1,7 g Silbernitrat in 100 ccm einer Ammoniakflüssigkeit vom spezifischen Gewicht 0,992 erhalten worden ist.

Tritt nach kräftigem Durchschütteln der beiden Lösungen und Absetzenlassen keine Änderung oder nur eine reingelbe Färbung der wässerigen Schicht auf, so ist die Abwesenheit von weißem oder gelbem Phosphor anzunehmen. Die Beurteilung der Färbung hat sofort nach dem Durchschütteln und Absetzen der Flüssigkeiten und nicht erst nach längerem Stehen zu erfolgen.

Tritt dagegen nach dem Durchschütteln der Flüssigkeiten alsbald eine rötliche oder braune Färbung oder eine schwarze oder schwarzbraune Fällung in der wässerigen Schicht ein, so können diese sowohl von weißem oder gelbem Phosphor als auch von hellrotem Phosphor oder von Schwefelphosphorverbindungen herrühren. Handelt es sich um die Untersuchung von rotem Phosphor, so ist bei dem vorstehend angegebenen Ausfall der Reaktion die Anwesenheit von weißem oder gelbem Phosphor nachgewiesen, und es bedarf einer weiteren Prüfung nicht mehr.

In allen anderen Fällen ist mit dem Rest der Benzollösung wie folgt zu verfahren:

4. Prüfung auf Anwesenheit von weißem oder gelbem Phosphor mittels der Leuchtprobe.

Ein Streifen Filtrierpapier von 10 cm Länge und 3 cm Breite wird durch Eintauchen in die Benzollösung mit dieser getränkt. Nach dem Abtropfen der überschüssigen Lösung, welche zu sammeln und aufzubewahren ist, wird der Streifen mittels eines Drahthakens an einem Kork befestigt, der seinerseits in das obere Ende eines Glasrohres von 50 cm Länge und 4,5 cm Durchmesser eingesetzt wird. Dieses wird mittels einer Klammer in senkrechter Lage gehalten und ragt mit seinem unteren offenen Ende ungefähr 3 cm tief in den etwa 10 cm weiten Innenraum eines Victor Meyerschen Heizapparates hinein. In den Kork am oberen Ende des Glasrohres ist ein Thermometer so eingesetzt, daß seine Quecksilberkugel etwa 20 cm vom unteren Ende des Glasrohres entfernt ist. Der Heiz-

apparat wird mit Wasser als Siedeflüssigkeit beschickt und das Wasser mittels eines Bunsen- oder Spiritusbrenners zum Sieden erhitzt, der durch einen Mantel aus Schwarzblech so umschlossen ist, daß möglichst wenig Licht nach außen dringen kann. Eine zylindrische Hülse aus dünnem Schwarzblech, welche den Heizapparat nebst Brenner umgibt, sowie eine schirmartige Hülle gleichfalls aus dünnem Schwarzblech, welche auf die erstgenannte Hülse aufgesetzt wird, dienen zum Abblenden der seitlichen und nach oben gerichteten Strahlen der Flamme (vgl. Fig. 16).

Beim Aufsetzen des Korkes auf das Glasrohr ist darauf zu achten, daß weder der mit der Benzollösung getränkte Papierstreifen die Glaswandung berührt, noch daß diese von der Benzollösung benetzt wird. Damit die notwendige Luftbewegung in dem Glasrohr stattfinden kann, ist der Kork, der zum Festhalten des Thermometers und des Papierstreifens dient, mit vier seitlichen Einschnitten zu versehen. Die Temperatur des Luftstromes in dem Glasrohr soll während des Versuches 46—50° betragen. Dies wird in der Weise erzielt und geregelt, daß man das Glasrohr mehr oder weniger tief in den Innenraum des Heizapparates hineinragen läßt. In keinem Fall darf die Temperatur im Glasrohr über 55° steigen.

Die Untersuchung ist in einem Raum auszuführen, der vollkommen verdunkelt werden kann, und es ist darauf zu achten, daß weder von außen noch von der Flamme des Brenners aus ein Lichtschimmer in das Auge des Beobachters gelangen kann. Ferner ist es nötig, das Auge vor Beginn der Untersuchung durch einiges Verweilen in dem verdunkelten Raum an die Dunkelheit zu gewöhnen, da sonst die Leuchterscheinungen nicht mit der erforderlichen Sicherheit wahrgenommen werden. Die vor der eigentlichen Beobachtung notwendigen Handgriffe werden am besten bei einer schwachen, nach der Seite des Beobachters hin abgeblendeten künstlichen Beleuchtung ausgeführt. Auf die Einhaltung dieser Maßregeln ist besonderer Wert zu legen.

Vor Ausführung der Untersuchung selbst ist der Apparat durch einen Vorversuch mittels einer Benzollösung, welche in 10 ccm 1 mg weißen Phosphor enthält, auf seine Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit zu prüfen; hierbei ist namentlich darauf zu achten, daß die Temperatur des Luftstromes in dem Glasrohr die angegebenen Grenzen nicht übersteigt.

Nach sorgfältiger Reinigung des Apparates wird nunmehr zur eigentlichen Prüfung geschritten.

Tritt bei dieser nach etwa 2—3 Minuten ein Leuchten des Papierstreifens ein, so ist die Anwesenheit von weißem oder gelbem Phosphor nachgewiesen. Die Leuchterscheinung selbst beginnt mit einem schwachen Leuchten des Papierstreifens an seinem unteren und oberen Ende und verbreitet sich nach der Mitte zu. Sind größere Mengen Phosphor — entsprechend etwa 1 mg Phosphor in 10 ccm Benzol oder mehr — zugegen, so nimmt das Leuchten an Stärke zu, und nach kurzer Zeit beginnen charakteristische Leuchtwolken von dem Streifen aus in dem Glasrohr emporzusteigen. Bisweilen erscheinen auch auf dem Papierstreifen, von unten und oben oder von den Rändern beginnend und nach der Mitte zu fortschreitend, schlangenförmig gewundene Leuchtlinien, und erst später kommt es auf kürzere Zeit zu einer flächenförmigen Lichterscheinung auf dem Papierstreifen. Das Auftreten der Leuchtwolken ist in diesem Fall auch etwas später, aber sonst in der gleichen Weise zu beobachten.

Tritt nach 2—3 Minuten eine Leuchterscheinung nicht auf, so ist der Versuch noch 2—3 Minuten fortzusetzen; erst nach Ablauf dieser Beobachtungsdauer darf beim Ausbleiben der Leuchterscheinung auf Abwesenheit von weißem oder gelbem Phosphor geschlossen werden. Nach Beendigung des Versuches ist jedesmal festzustellen, ob die Temperatur nicht über 55° gestiegen ist; bejahendenfalls ist, wenn die Leuchterscheinung eintrat, der Versuch zu wiederholen. Ebenso ist zu verfahren, wenn das Ergebnis des Versuches zweifelhaft war, sei es, daß die Leuchterscheinung undeutlich, sei es, daß sie zu spät eintrat.

5. Prüfung auf die Anwesenheit von Schwefelphosphorverbindungen.

War mit ammoniakalischer Silbernitratlösung eine Reaktion eingetreten und liegt, gleichviel zu welchem Ergebnis die Leuchtprobe geführt hatte, ein Anlaß vor, festzustellen, ob Schwefelphosphorverbindungen vorhanden sind, so ist noch die folgende Prüfung auszuführen:

1 ccm der ursprünglichen Benzollösung wird mit 1 ccm einer zweifach normalen wässerigen Bleinitratlösung versetzt und das Gemisch gut durchgeschüttelt. Entsteht nach dem Absetzen der Flüssigkeitsschichten eine braune Färbung an der Trennungsfläche beider Flüssigkeiten oder ein schwarzer oder schwarzbrauner Niederschlag von Schwefelblei, so ist das Vorhandensein von Schwefelphosphorverbindungen nachgewiesen.

6. Schlußbemerkung.

War mit ammoniakalischer Silbernitratlösung eine Reaktion eingetreten, verliefen dagegen die Leuchtprobe und die Reaktion mit Bleinitratlösung ergebnislos, so ist die Anwesenheit von hellrotem Phosphor anzunehmen.

Verzeichnis der zitierten Arbeiten.

Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt 1899, Bd. 15. (17)
Arnold u. Menzel, Ztschr. f. angew. Chem. 1902, S. 1093. (47)
Bauer, P., Mitt. a. d. Materialprüf.-Amt Berlin 1914, Bd. 32, S. 448—474. (20)
Baum u. Seeliger, Ztschr. f. öffentl. Chem. 1898, Bd. 4, S. 181. (55)
Beythien, Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1922, Bd. 43, S. 55. (31)
Ders., Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1900, Bd. 3, S. 221. (37)
Bernhardt, H., Ztschr. f. analyt. Chem. 1925, Bd. 67, S. 97ff. (50)
Bernhardt u. Schütz, Ztschr. f. Hyg. u. Infekt.-Krankh. 1925, Bd. 104, S. 448. (51)
Bleisch, Wild, Wochenschr. f. d. ges. Bauwesen 1912, Bd. 35, S. 49 u. 61. (60)
Boes, J., Apoth.-Ztg. 1907, Bd. 22, S. 1105. (69)
Böhring, Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1916, Bd. 31, S. 308. (18)
Brandl, Arb. a. d. Reichsgesundh.-Amt 1897, Bd. 13, S. 104. (54)
Chapmann, Wochenschr. f. Brauerei 1912, Bd. 29, S. 231. (61)
Compagno, J., Annali chim. appl. 1915, Bd. 3, S. 164—168 u. Chem. Centralbl. 1917, Bd. 1, S. 1141—1142. (49)
Crose, Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1910, Bd. 20, S. 188. (52)
Dalton u. Elliot, Chem. Bl. 1919, Bd. 4, S. 346. (14)
Dinslage u. Windhausen, Ztschr. f. Untersuch. d. Lebensmittel 1926, Bd. 52, S. 129. (13)
Engel u. Froboese, Arch. f. Hyg. 1925, Bd. 96, S. 83. (53)
Engelhard, „Die physik. u. chem. Grundl. d. gewerbl. Atemschutzes", Ztschr. f. Elektrochem. 1925, H. 2, S. 590—593. (1)
Etheridge, A. T., Analyst 1924, Bd. 49, S. 371—374. (58)
Farnsteiner, Bericht 23 d. Untersuch.-Amtes Heilbronn 1907. (28)
Formenti, Chem.-Ztg. 1905, Bd. 29, S. 746. (63)
Fraenkel, C., Vierteljahresschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. San.-Wesen 1900, Bd. 19, S. 319. (38)
Gärtner, A., Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. San.-Wesen 1899, Bd. 18, S. 340. (40)
Grünhut, L., Ztschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. 1898, Bd. 4, S. 565. (70)
Guareschi, Chem.-Ztg. 1911, Bd. 1, S. 815, 1373. (5)
Hahn u. Hirsch, Ztschr. f. Hyg. u. Infekt.-Krankh., Bd. 105, S. 165. (15)
Henriques, Ztschr. f. angew. Chem. 1899, Bd. 12, S. 802. (68)
Heyn u. Bauer, Mitt. d. Materialprüf.-Amtes Berlin 1911, S. 2. (64)
Hirschsohn, Ztschr. f. analyt. Chem. 1891, Bd. 30, S. 655. (71)
Horwitz, Med. Dissert. Würzburg 1900. (11)
Järvinen, K. K., Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1923, Bd. 45, S. 183 u. Bd. 50, 1925, S. 221—225. (45)
Iwanoff, Arch. f. Hyg. Bd. 73, S. 308ff. (9)
Klason, Journ. f. prakt. Chem., Bd. 36, S. 71. (6)
Klostermann u. Scholte, Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1917, Bd. 33, S. 304. (42)
König, J., Chem. d. Nahrungsm. usw. III, Bd. 3, S. 782. (22)
Landrum, R. D., Chem. News 1911, 103, Bd. 28 u. Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1912, Bd. 24, S. 425. (44)
Lehmann, K. B., Arch. f. Hyg. 1897, Bd. 28. (16)
Ders., D. m. W. 1905, Bd. 31, S. 1861. (21)
Ders., Arch. f. Hyg. 1909, Bd. 68. (25)
Ders., Arch. f. Hyg. 1909, Bd. 68. (29)
Ders., Münch. m. W. 1902, Bd. 49, S. 340. (41)
Ders., Arch. f. Hyg. 1895, Bd. 24, S. 1 u. 1897, Bd. 31, S. 279. (56)
Lehmann u. Göbel, Arch. f. Hyg. 1902, Bd. 43, S. 116ff. (65)
Lockemann u. Croner, Ztschr. f. analyt. Chem., Bd. 54, S. 11. (10)
Ludwig, E., Österr. Chem.-Ztg. 1898, Bd. 1, S. 3. (27)
Lunge-Berl, Ztschr. f. angew. Chem. 1921, Bd. 44, S. 125. (12)
Merl, Pharmaz. Centralbl. 1909, Bd. 50, S. 457. (43)
Mezger u. Fuchs, Ztschr. f. angew. Chem. 1908, Bd. 21, S. 1556. (39)
Necke-Schmidt-Klostermann, D. m. W., 1926, Bd. 44, S. 1855. (46)

Neufeld, C. A., „Der Nahrungsmittelchemiker als Sachverständiger", Berlin, Springer 1907. (57)
Plagge u. Lebbin, „Über Feldflaschen u. Kochgeschirre a. Aluminium", Hirschwald, Berlin 1893. (59)
Rewald, B., Chem.-Ztg. 1924, Bd. 48, S. 280. (66)
Rubener, Arch. f. Hyg. 1893, Bd. 19, S. 147. (8)
Salkowski, E., Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1917, Bd. 33, S. 6. (19)
Schlegel, H., Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1920, Bd. 39, S. 175. (32)
Schmitz-Dumont, Chem.-Ztg. 1897, Bd. 21, S. 487 u. 510. (7)
Schönfeld-Himmelfarb, Wochenschr. f. Brauerei 1912, Bd. 29, S. 409. (62)
Schönfeld, Erfahrungen über den Wert der Bleiuntersuch. bei Bleivergiftung u. der. prakt. Bedeutung. (Geschäftsbericht der Ortskrankenkasse Leipzig 1912.) (4)
Schumoch-Sieben, Biochem. Ztschr. 1906, Bd. 2 u. Chem. Zentralbl. 1907, Bd. 1, S. 361. (26)
Schwarz, Der heutige Stand der Frühdiagnose von Bleiwirkung u. Bleivergiftung, Ztschr. f. ärztl. Fortbildung 1923, Bd. 22, S. 665. (3)
Seel u. Hils, Veröffentl. a. d. Gebiet d. Militär-Sanitätswesens 1918, Bd. 72, S. 93. (34)
Seitz, Arch. f. Hyg. 1924, Bd. 94, S. 284ff. (67)
Serger, H., Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1913, Bd. 25, S. 465. (33)
Stockmeyer, H., Bericht über die 18. Jahresversammlung der freien bayrischen Vertreter d. angew. Chemie. Berlin, Julius Springer 1899, Bd. 35. (36)
Strunk, Vers. a. d. Gebiete d. Militär-Sanitäts-Wesens; Arb. d. deutsch. Untersuchungsstellen 1912, Bd. 5. (23)
Trillat, Compt. rend. 1903, Bd. 136, S. 1205. (48)
Vück, M., Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1914, Bd. 28, S. 103. (30)
Wintgen, M., Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1904, Bd. 8, S. 411. (35)
Wollin, Dipl.-Ing., Berlin, „Gasschutzgeräte an Kältemasch." Zentralbl. f. Gewerbehyg. u. Unfallverhüt. N. F., Bd. 2, 1925, Nr. 9. (2)
Ders., „Filtergeäte zum Schutze gegen Kohlenoxyd", Beihefte z. Zentralbl. f. Gewerbehyg. u. Unfallverhüt., Bd. 1, H. 4. (2)
Ders., „Neuartige Atemschutzgeräte u. ihre Verwend. in Gaswerksbetrieben", Zeitschr. d. Österr. Vereins von Gas- u. Wasserfachmännern. Wien, Bd. 66, H. 9. (2)
Zellern, Chem.-Ztg. 1924, Bd. 48, S. 205—206. (24)
Zulkowsky, Liebigs Ann. d. Chem. u. Pharm. 1878, Bd. 1, 1923, S. 4. (72)

Untersuchung der Beleuchtung.

Von

Prof. Dr. **A. Korff-Petersen (†).**

Mit 33 Abbildungen im Text.

A. Physikalische Vorbemerkungen[1]).

Alle Körper, deren Temperatur höher als der absolute Nullpunkt ist (−273°), senden einen Energiestrom in Form von Strahlen aus, die dem Wesen nach alle gleich sind, und zwar bestehen diese Strahlen nach der Maxwellschen elektromagnetischen Lichttheorie aus transversalen, sich gegenseitig bedingenden, aufeinander senkrecht stehenden elektrischen und magnetischen Schwingungen. Die einzelnen Strahlenarten unterscheiden sich nur durch ihre Wellenlänge und dementsprechend größere oder kleinere Brechbarkeit. Alle Strahlen sind Wärmestrahlen, d. h. der von ihnen mitgeführte Energiestrom setzt sich beim Auftreffen auf einen Körper in Wärme um.

Erwärmt man einen festen Körper, so sind zunächst die ausgesandten Strahlen nur durch ihre Wärmewirkung für unsere Sinne bemerkbar; der strahlende Körper wirkt als Wärmequelle. Bei höherer Temperatur beginnen sie dagegen auch den Sehnerven zu reizen, der Körper wird zur Lichtquelle. Die ersten, nur bei sorgfältiger Beobachtung sichtbaren Strahlen rufen eine farblose Lichtempfindung hervor. Diesen Zustand des strahlenden Körpers nennt L. Weber „Grauglut". Bei stärkerer Erwärmung geht der Körper durch Hellgrau und Gelblichgrau in „Rotglut" über. Schließlich treten zu den roten Strahlen die gelben, blauen und violetten hinzu und der Körper wird „weißglühend". Die Lichtwirkung wird gleichzeitig stark gesteigert.

Entwirft man von einer solchen Lichtquelle ein Spektrum, so erhält man einen farbigen, von Rot bis Violett reichenden Streifen. Es lassen sich aber noch über das rote (langwellige) wie das violette (kurzwellige) Ende hinaus mit empfindlichen Meßinstrumenten Wärmewirkungen nachweisen. Ebenso bekommt man bei Verwendung von besonders präparierten photographischen Platten sowohl im sichtbaren wie über das rote und das violette Ende hinaus eine Schwärzung der Silbersalze. — Die von den Lichtquellen ausgesandten „ultraroten" und „ultravioletten" Strahlen tragen zur Beleuchtung nicht bei, da sie den Sehnerven nicht erregen. Die ultraroten Strahlen werden auch „dunkle Wärmestrahlen" genannt.

Je nach der Beschaffenheit des Körpers, auf den sie auffallen, rufen alle Strahlen die folgenden Wirkungen in mehr oder weniger hohem Grade hervor:

1. Wärmewirkung (kommt allen Strahlen zu, jedoch geht etwa 80% der Wärmewirkung der gebräuchlichen Lichtquellen vom ultraroten Teile aus, wogegen das Maximum der Energie im sichtbaren Spektrum um 600 $\mu\mu$ liegt).

2. Chemische Wirkung (wird ebenfalls von allen Strahlen hervorgebracht, doch wirken auf die gewöhnliche photographische Platte hauptsächlich die violetten und ultravioletten Strahlen).

3. Erregung von Fluoreszenz und Phosphoreszenz (vorwiegend durch ultraviolette Strahlen).

4. Elektrische Entladung und Ladung von Metallen (vorwiegend durch ultraviolette Strahlen).

Die physiologische Reizung des Sehnerven, d. h. die „Lichtwirkung" geht nur von einem verhältnismäßig kleinen Bereich von Strahlen aus. Im allgemeinen nehmen wir nur Strahlen von einer Wellenlänge zwischen 760 $\mu\mu$ (äußerstes Rot) und 410 $\mu\mu$ (äußerstes Violett) wahr. Unter besonders günstigen Verhältnissen sind noch Strahlen von 812 $\mu\mu$ und 330 $\mu\mu$ gesehen worden. Nennt man den Umfang eines Spektralbezirks zwischen einer bestimmten Wellenlänge und ihrem doppelten Betrage entsprechend der Bezeichnung in der Akustik eine Oktave, so erstreckt sich das sichtbare Spektrum etwa gerade über eine Oktave, während das ganze Sonnenspektrum einschließlich des ultraroten und ultravioletten Teiles über etwas mehr als drei Oktaven reicht*).

Körper, die infolge hoher Temperatur leuchten, nennt man Temperaturstrahler, die von ihnen ausgehende Strahlung wird thermaktine Strahlung genannt. Hierzu gehören fast alle unsere gebräuchlichen Lichtquellen, bei denen entweder durch die Hitze der Flamme oder den elektrischen Strom ein fester Körper zum Glühen gebracht wird. Bei den leuchtenden Flammen glüht Kohlenstoff, der aus dem zersetzten Brennstoff entsteht. Bei dem Gas-, Spiritus- usw. Glühlicht wird ein fester Körper, bestehend aus Thoroxyd, dem etwas Ceroxyd beigemischt ist, in die heiße, nicht leuchtende Flamme gebracht, während beim elektrischen Glühlicht ein Kohle- oder Metallfaden durch den elektrischen Strom zum Glühen erhitzt wird. Beim Bogenlicht glühen die Enden der Kohleelektroden infolge der starken Erhitzung der zwischen ihnen befindlichen Luftstrecke.

Hat die Temperatur bei der Lichtstrahlung nur eine verhältnismäßig geringe Bedeutung, so spricht man von Lumineszenz, die Strahlung wird allactine Strahlung genannt. Lumineszenz ist das Leuchten der Leuchtkäfer, der Leuchtbakterien usw. In der Beleuchtungstechnik spielen die infolge Lumineszenz leuchtenden Quecksilber-Bogenlampen und das Moore-Licht (mit verdünnten Gasen gefüllte Röhren, durch die hochgespannter Wechselstrom geleitet wird) eine gewisse Rolle. Auch Übergänge zwischen beiden Arten des Leuchtens kommen bei modernen Lichtquellen vor (Flammenbogenlampe).

Die gesamte von einem leuchtenden Körper ausgehende Strahlung heißt der Energiestrom. Von diesem Energiestrom wird, wie erwähnt, nur ein kleiner Teil vom Auge als Licht wahrgenommen. Diesen Bruchteil des Gesamtenergiestromes nennt man Lichtstrom. Der Gesamtlichtstrom dient in der technischen Photometrie als Grundgröße, seine Messung

*) Der Bereich aller uns bis jetzt durch physikalische Meßmethoden zugänglichen Licht- und Wärmestrahlen umfaßt mehr als 11 Oktaven.

spielt zur vergleichenden Auswertung von Lampen dort eine große Rolle. In der Hygiene kommt seine Messung kaum je in Frage. In unseren Ausführungen soll der Begriff nur dazu dienen, einige andere häufiger gebrauchte Begriffe abzuleiten.

Man faßt als Lichtstrom Φ diejenige Lichtmenge auf, welche eine Lichtquelle in der Zeiteinheit durch eine gegebene Fläche sendet. Wird um eine punktförmige Lichtquelle, die nach allen Seiten gleich viel Licht aussendet, eine Hohlkugel mit dem Radius 1 gelegt (Fig. 1), so fällt auf jede Flächeneinheit der inneren Kugeloberfläche gleichviel Licht. Grenzt man auf der Kugeloberfläche ein Stück von der Größe ω ab und läßt einen vom Kugelmittelpunkt ausgehenden Lichtstrahl an den Grenzen des Flächenstückes entlang gleiten, so wird ein kegel- oder pyramidenförmiger Raum abgegrenzt. Der so abgegrenzte Raumteil wird Raumwinkel genannt. Er wird durch das auf der Einheitskugel gelegene Flächenstück ω gemessen. Für photometrische Zwecke gilt als Einheit des Raumwinkels derjenige räumliche Winkel, welcher aus der Oberfläche der Einheitskugel die Flächeneinheit ausschneidet. (Bei einem Kugelradius von 1 cm 1 qcm, bei 1 m 1 qm).

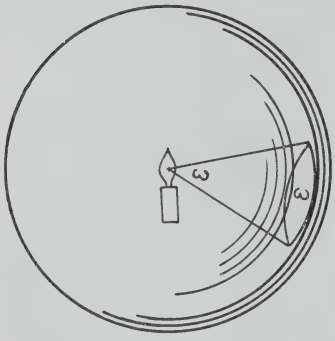


Fig. 1.

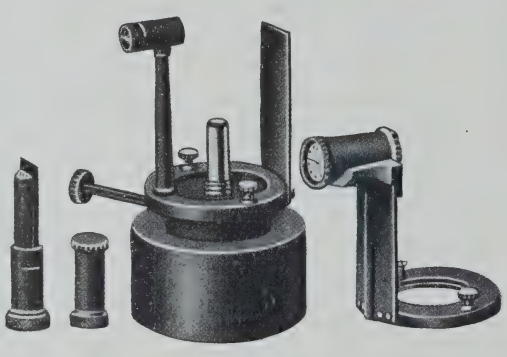


Fig. 2.

(Aus Bloch, Lichttechnik.)

Derjenige Lichtstrom, den eine Lichtquelle in die Einheit des Raumwinkels aussendet, ist die Lichtstärke oder Intensität der Lichtquelle. Die Intensität einer Lichtquelle, die in den Raumwinkel ω den Lichtstrom Φ strahlt, ist also $I = \frac{\Phi}{\omega}$.

In der Wirklichkeit kommen punktförmige Lichtquellen mit gleichmäßiger räumlicher Lichtverteilung kaum vor. Daher muß die Lichtstärke einer Lampe stets für die verschiedenen Richtungen des Raumes gesondert bestimmt werden.

Für die hygienische Praxis ist derjenige Lichtstrom von besonderer Bedeutung, welcher auf eine gegebene Fläche auftrifft, sie „beleuchtet". Hat die Fläche die Größe F und wird sie von einem Lichtstrom Φ getroffen, so fällt auf die Flächeneinheit Φ/F. Dieser Quotient wird als Beleuchtung der Fläche bezeichnet.

Denken wir uns um eine punktförmige Lichtquelle zwei konzentrische Kugeln gelegt, mit dem Radius r_1 und r_2, so schneidet der räumliche Winkel ω aus ihnen die Flächen $r_1^2\ \omega$ und $r_2^2\ \omega$ aus. Strahlt in den Raumwinkel ω der Lichtstrom Φ, so ist die Beleuchtung auf diesen Flächen:

$E_1 = \frac{\Phi}{r_1^2 \omega}$ bzw. $E_2 = \frac{\Phi}{r_2^2 \omega}$. Nun ist $\frac{\Phi}{\omega} = I$ die Lichtstärke der Lichtquelle. Daher ist $E_1 = \frac{I}{r_1^2}$ und $E_2 = \frac{I}{r_2^2}$ oder $\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$. Das heißt: die von einer Lichtquelle auf zwei ihr senkrecht gegenüberstehenden Flächen erzeugten Beleuchtungsstärken sind dem Quadrat der Entfernung der Flächen von der Lichtquelle umgekehrt proportional. Rufen ferner zwei Lichtquellen mit den Lichtstärken I_1 und I_2 auf je einer Fläche, die ihnen im Abstande r_1 und r_2 senkrecht gegenüberstehen, die gleiche Beleuchtung E hervor, so ist $E = \frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$ oder $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$. Rufen zwei Lichtquellen die gleiche Beleuchtung hervor, so verhalten sich ihre Lichtstärken wie die Quadrate der Entfernungen von den beleuchteten Flächen.

Steht die beleuchtete Fläche nicht senkrecht zum Lichtstrom, sondern bilden die auffallenden Strahlen mit der in ihrem Auffallspunkte errichteten Normalen zur Fläche den Einfallswinkel i, so ist die Beleuchtung

$$E = \frac{I}{r^2} \cos i,$$

was hier ohne Ableitung angegeben sei.

Um vielfachen Irrtümern entgegenzutreten, sei nochmals ausdrücklich hervorgehoben, daß die Beleuchtung einer Fläche lediglich von dem auftreffenden Lichtstrom abhängig ist, nicht von der Farbe oder sonstigen Beschaffenheit der Fläche selbst. Für die Wahrnehmung von Gegenständen oder Zeichen anf einer Fläche mit den Augen ist dagegen die von der Fläche reflektierte Lichtmenge, mithin die Beschaffenheit der Fläche selbst von größter Bedeutung.

Reflektiert ein Körper alle Strahlen des auf ihn treffenden Lichtstroms diffus, so heißt er weiß, reflektiert er keine, so heißt er schwarz. Reflektiert er nur Strahlen bestimmter Wellenlänge, so nennt man ihn gefärbt. Körper, die von allen Strahlen einen bestimmten Bruchteil reflektieren, heißen grau. Das Verhältnis aus dem nach allen Seiten reflektierten zu dem von allen Seiten auffallenden Lichte heißt Albedo. Die Kenntnis der Albedo kann für den Hygieniker von Interesse bei der Auswahl von Druck- und Schreibpapier, sowie bei der Begutachtung von Innenanstrichen in Arbeitsräumen sein. Die Messung dieser Größe ist mit den Instrumenten, die dem Hygieniker zur Verfügung zu stehen pflegen, nicht möglich. Nachstehende Tabelle (aus Liebenthal, a. a. O., S. 429) gibt die Albedos einiger praktisch in Frage kommender Gegenstände:

Frischer Schnee	0,783	Weißes Löschpapier	0,82
Gew. weißes Schreibpapier	0,700	Weiße Wand	0,80
Weißer Sandstein	0,237	Gelbe Tapete	0,40
Feuchte Ackererde (nach Zöllner)	0,079	Blaue Tapete	0,25
		Dunkelbraune Tapete	0,13
		Schwarzes Tuch	0,012
		Schwarzer Samt (nach Samper)	0,004

Von der Albedo, dem diffusen Reflexionsvermögen, hängt es ab, wie groß die für das Erkennen von Zeichen usw. ausschlaggebende „Flächenhelle“ oder „Leuchtdichte“ (s. später) der Arbeitsfläche ist. Bezeichnet E die Beleuchtung, e die Flächenhelle und M die Albedo, so ist

$$e = \frac{E \cdot M}{10000\,\pi}.$$

Da, wie S. 155 auseinandergesetzt ist, der Lichtstrom und mithin auch alle davon abgeleiteten Begriffe keine rein physikalische, sondern gleichzeitig auch physiologische Größen sind, können sie nicht mit den in der Physik üblichen absoluten Maßen gemessen werden. Wir müssen vielmehr besondere Lichteinheiten einführen.

In Deutschland gilt als Lichteinheit die im Jahre 1884 von von Hefner-Alteneck vorgeschlagene, mit Amylazetat gespeiste Lampe, die in Fig. 2 abgebildet ist. Das aus Neusilber bestehende Dochtrohr der Lampe hat eine Länge von 25 mm, einen äußeren Durchmesser von 8,3 mm und einen inneren Durchmesser von 8,0 mm und soll vom Docht ganz ausgefüllt sein. Die Flamme soll 40 mm hoch brennen. Die Einstellung der Flammenhöhe geschieht mit Hilfe einer Visiervorrichtung oder mittels eines von Krüß angegebenen optischen Flammenmaßes, bei dem eine Linse ein reelles Bild der Flamme auf einem durchscheinenden Maßstab entwirft. Die Lichtstärke der Lampe ist abhängig vom Kohlensäuregehalt der Luft, etwas weniger auch von der Feuchtigkeit und dem Barometerstande. Bei der Prüfung der Lampe in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt wird ein Barometerstand von 760 mm, ein CO_2-Gehalt von 0,7 ‰ und eine absolute Feuchtigkeit von 6,6 g im Kubikmeter zugrunde gelegt.

Der von der Hefnerlampe in die Einheit des räumlichen Winkels in horizontaler Richtung ausgestrahlte Lichtstrom, d. h. also, die Lichtstärke der Hefnerlampe und somit die Einheit der Lichtstärke heißt eine Hefnerkerze, sie wird mit HK bezeichnet. [Der Name Normalkerze ist unbestimmt, da in anderen Ländern andere Normalkerzen zur Definition der Lichtstärkeeinheit zugrunde gelegt werden*).]

Wenn eine Lichtquelle in die Einheit des räumlichen Winkels einen Lichtstrom sendet, der I mal so stark ist, wie der von einer Hefnerkerze ausgesandte, so hat die Lichtquelle die Lichtstärke I HK.

Die Einheit des Lichtstroms heißt ein Lumen, abgekürzt Lm. Wenn eine Fläche von s qcm, von einer punktförmigen Lichtquelle mit der Lichtstärke I HK aus gesehen, unter dem räumlichen Winkel ω erscheint, so fällt auf die Fläche der Lichtstrom $\Phi = I \cdot \omega$ Lm. Befindet sich die (kleine) Fläche s in der Entfernung r von der Lichtquelle, und wird sie von den Lichtstrahlen senkrecht getroffen, so ist $\Phi = \frac{I}{r^2}$ s Lm.

Die Einheit der Beleuchtung heißt ein Lux, abgekürzt Lx. Statt des in der Technik und der Physik durchweg gebrauchten Namens Lux wird in der Hygiene vielfach an der alten von L. Weber, dessen Arbeiten grundlegend sind für die hygienische Untersuchung der Beleuchtung, stammenden unzweckmäßigen Bezeichnung „Meterkerze" MK festgehalten. Eine Meterkerze = 1 Lx ist die von einer Hefnerkerze auf einer ihr in einer Entfernung von 1 m senkrecht gegenüberstehenden Fläche hervorgerufene Beleuchtung**).

*) Sonst gebrauchte Lichteinheiten sind: Vereinskerze = 1,2 HK; englische (Spermaceti) Kerze 1,14 HK; Pentanlampe = 1,11 HK; Carcellampe = 10,75 HK.

**) Unter „Mittlerer Beleuchtung" ist das arithmetische Mittel aus Beleuchtungsmessungen zu verstehen, die an verschiedenen Punkten einer bestimmten Ebene in dem zu untersuchenden Raume vorgenommen werden.

Die Lichtstärke, die von 1 qcm einer leuchtenden Fläche in senkrechter Richtung ausgeht, bezeichnet man mit Flächenhelle oder Leuchtdichte (früher auch wohl unzweckmäßig mit Glanz). Ist die von einer leuchtenden Fläche von σ qcm in der Richtung ihrer Normalen ausgehende Lichtstärke I, so ist ihre Flächenhelle $e = I/\sigma$ HK. Die Einheit der Flächenhelle ist somit 1 HK/qcm.

Wenn eine kleine Fläche σ, deren Lichtemanation nach allen Seiten eine gleichmäßige ist, in der Richtung ihrer Normalen die Lichtstärke I hat, so ist ihre Lichtstärke in einer Richtung, die mit der Normalen den (kleinen) Winkel ε einschließt, $I_\varepsilon = I \cdot \cos\varepsilon$*); folglich ist die auf die Einheit der scheinbaren Fläche bezogene Flächenhelle gleich $\frac{Ie}{\sigma\cos\varepsilon} = \frac{I\cos\varepsilon}{\sigma\cos\varepsilon} = \frac{I}{\sigma}$, da die scheinbare Größe des unter dem Winkel ε gesehenen Flächenelements σ gleich $\sigma \cdot \cos\varepsilon$ ist. Das bedeutet: die scheinbare Flächenhelle einer flächenhaften Lichtquelle ist unabhängig von der Richtung, von der aus sie gesehen wird.

B. Untersuchung der künstlichen Beleuchtung.

An eine hygienisch einwandfreie künstliche Beleuchtung sind folgende Anforderungen zu stellen:

1. a) Das Licht soll ausreichend sein; aber nicht blenden. Als ausreichend kann im allgemeinen eine Beleuchtung von 25 Lx für Lesen und Schreiben gelten. Bei Herabgehen unter diese Grenze nimmt die Sehschärfe zunächst langsam, bald aber sehr schnell ab. Ein erhebliches Überschreiten der Grenzzahl steigert die Sehschärfe nicht mehr. Für einzelne Betriebe ist jedoch eine höhere Beleuchtung angezeigt, da für das Erkennen von Einzelheiten in letzter Linie nicht die Beleuchtung, sondern das von der Arbeitsfläche reflektierte Licht ausschlaggebend ist. Die nachstehende Tabelle hat sich aus der Praxis ergeben (s. ferner S. 196).

Art des Raumes	Erforderliche Beleuchtung Lx
Spinnereien	15—20
Webereien bei Verarbeitung hellfarbiger Stoffe	25—30
Webereien bei Verarbeitung dunkelfarbiger Stoffe	30—40
Maschinenfabriken und Schlossereien	25—35
Mechanische Werkstätten für feine Arbeiten	35—45
Druckereien	40—50
Setzereien	60—80
Kaufmännische Büros	30—40
Zeichensäle für Zirkelzeichnen	60—80
Hörsäle	30—40
Verkaufsräume	30—50
Konzert- und Festsäle	40—50

*) Hieraus folgt in Verbindung mit den S. 157 gemachten Ausführungen über den Einfallswinkel: Wird eine (kleine) Fläche f durch eine im Abstande r befindliche andere Fläche F, deren Flächenhelle H sei, beleuchtet, und bildet die Verbindungslinie der beiden Flächen mit der Senkrechten zu F den „Ausfalls- oder Emanationswinkel“ e und mit der Senkrechten zu f den „Einfalls- oder Inzidenzwinkel“ i, so ist die auf f durch F hervorgerufene Helligkeit: $h = \frac{H \cdot F \cdot \cos e \cos i}{r^2}$ (Lambertsche Formel).

b) Das Licht soll nicht völlig schattenlos sein, aber auch keine störenden Schlagschatten werfen. Die Farbe des Lichtes soll dem Auge zuträglich sein, und es darf keine schädlichen Strahlen enthalten. Schließlich muß es gleichmäßig und ruhig sein.

2. Durch die Beleuchtung darf dem Raume keine zu große Wärmemenge zugeführt werden; insbesondere dürfen die im Raume sich aufhaltenden Menschen nicht durch strahlende Wärme belästigt werden. Die Raumluft darf nicht durch schädliche Gase, Wasserdampf oder Ruß in irgendwie erheblichem Maße verunreinigt werden.

3. Die Beleuchtung muß ungefährlich und wirtschaftlich sein.

Die Untersuchungsmethoden, welche zur Prüfung einer Beleuchtung nach den vorstehenden Grundsätzen notwendig sind, sollen in diesem Abschnitte beschrieben werden, soweit sie nicht in den Kapiteln Lüftung und Heizung behandelt sind.

Neben der durch bloßen Augenschein leicht festzustellenden Ruhe des Lichtes ist von den unter 1 aufgeführten Forderungen die wichtigste, daß das Licht ausreichend sei. Die Feststellung, ob dem genügt ist, kann durch Berechnung nach den S. 157—159 angegebenen Formeln getroffen werden. Ist I die Beleuchtungsstärke der Lampe und r ihr Abstand in Metern von der beleuchteten Fläche, so ist deren Beleuchtung $E = \frac{I}{r^2}$ Lx, wenn die Strahlen senkrecht auffallen und $E = \frac{I}{r^2} \cos i$, wenn sie mit der Senkrechten den Winkel i einschließen. Meist sind aber Lichtmessungen notwendig. Vorzugsweise beziehen sich diese auf die Messung der an den einzelnen Arbeitsplätzen vorhandenen Beleuchtung, gelegentlich können jedoch auch Messungen der Lichtstärken von Lampen nötig werden.

Die Messung der Lichtstärke einer Lampe geschieht durch Vergleichung mit einer Lichtquelle bekannter Intensität. Allerdings kann ein solcher Vergleich nicht unmittelbar mit dem Auge geschehen, da das Auge beim Schätzen von verschiedenen Lichtstärken und Beleuchtungen völlig versagt. Dagegen ist es sehr wohl imstande, die Gleichheit der Beleuchtung zweier Flächen festzustellen. Darauf beruhen die meisten der gebräuchlichen Photometer.

Die Versuchsanordnung muß so getroffen werden, daß von den beiden Lichtquellen je eine hinsichtlich der Lichtreflektion gleiche Fläche beleuchtet wird, und nun die Beleuchtung der Flächen durch Veränderung der einen, oder beider Lichtquellen so lange verändert wird, bis die beiden Flächen gleich hell erscheinen. Am einfachsten geschieht die Einstellung auf gleiche Helligkeit dadurch, daß die Entfernung der Lichtquellen von den beleuchteten Flächen verändert wird. Da nach den S. 157 gemachten Ausführungen die von zwei Lichtquellen hervorgerufene Beleuchtung gleich wird, wenn sich die Lichtstärken wie die Quadrate ihrer Entfernungen verhalten, läßt sich die eine Lichtstärke leicht berechnen, wenn die andere bekannt ist. $I_x = \frac{r_x^2}{r^2} I$, worin I_x die gesuchte, I die bekannte Intensität und r_x bzw. r die entsprechenden Entfernungen der Lichtquellen von den beleuchteten Flächen bedeuten. Das Gesetz vom Quadrat der Entfernung gilt freilich streng genommen nur für punktförmige Lichtquellen und kleine Flächen. Der Abstand der Lichtquellen von den beleuchteten Flächen muß deswegen so groß gewählt werden, daß ihm gegenüber die

Ausdehnung der beleuchteten Flächen und der Lichtquellen vernachlässigt werden kann.

Nach diesen Grundsätzen ist das erste Photometer von Bouger im Jahre 1729 hergestellt worden. In der Folgezeit wurden die Photometer vielfach umgestaltet. Am bekanntesten wurde das Fettfleckphotometer von Bunsen. Es beruht darauf, daß ein auf einem weißen Papier angebrachter Fettfleck nahezu verschwindet, wenn das Papier auf beiden Seiten gleich stark beleuchtet ist. Da aber das Verschwinden nie ganz vollkommen eintritt, ist es durch andere Apparate verdrängt.

Jetzt werden die photometrischen Lichtstärke-Messungen zumeist so vorgenommen, daß auf das eine Ende einer Photometerbank (s. Fig. 3) die zu untersuchende Lampe (L) und auf das andere eine Lichtquelle von bekannter Lichtstärke (N) gesetzt werden, während auf der Bank ein „Photometerkopf“ (P) hin und her geschoben wird. Die Entfernung der Lichtquellen vom Photometerkopf wird nach Einstellen auf gleiche Helligkeit an einer auf der Photometerbank angebrachten Zentimeterskala abgelesen.

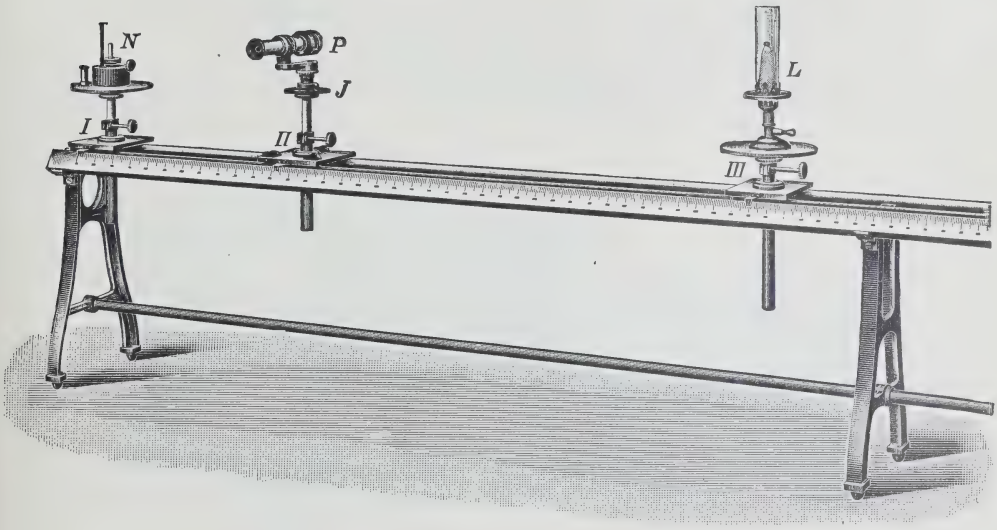
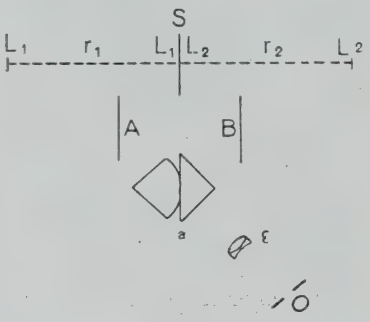


Fig. 3.

Als Photometerkopf dient meist der von Lummer und Brodhun[2]), den man als „idealen Fettfleck“ betrachten kann. Der wichtigste Teil des Photometerkopfes ist der Lummer-Brodhunsche Würfel (Fig. 4). Er besteht aus zwei rechtwinkligen Prismen, deren vollkommen ebene Hypotenusenflächen aneinander gepreßt sind. Auf der Hypotenusenfläche des linken Prismas sind einige Stellen durch Ätzen oder mittels Sandstrahlgebläses vertieft. An den diesen Stellen gegenüberliegenden Teilen der Hypotenuse des unteren Prismas wird das Lichtbündel c total-reflektiert, während die nicht vertieften Stellen das von oben kommende Lichtbündel bei d durchlassen. Das beobachtende Auge sieht ein Bild, wie es in Fig. 5 dargestellt ist. Der dunkle innere Kreis entspricht dem Lichtbündel d, und der diesen Kreis umgebende hellere Ring entspricht dem Lichtbündel c.

Fig. 6 zeigt die Anordnung des Lummer-Brodhunschen Photometers schematisch, Fig. 7 die volle Ansicht. In einem mit zwei Fenstern

versehenen Messinggehäuse ist der Gipsschirm S angeordnet, welcher auf beiden Seiten von je einer der zu vergleichenden Lichtquellen beleuchtet wird. Das diffuse Licht der Gipsplatte S gelangt mit Hilfe der Spiegel A und B in den Lummer-Brodhunschen Würfel und von hier in das Beobachtungsrohr.



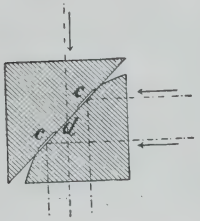


Fig. 4. (Aus Bloch, Lichttechnik.)

Fig. 5. (Aus Bloch, Lichttechnik.)

Fig. 6. (Aus Bloch, Lichttechnik.)

In der Hygiene wird statt der Photometerbank das vorzugsweise zur Messung der Beleuchtung dienende

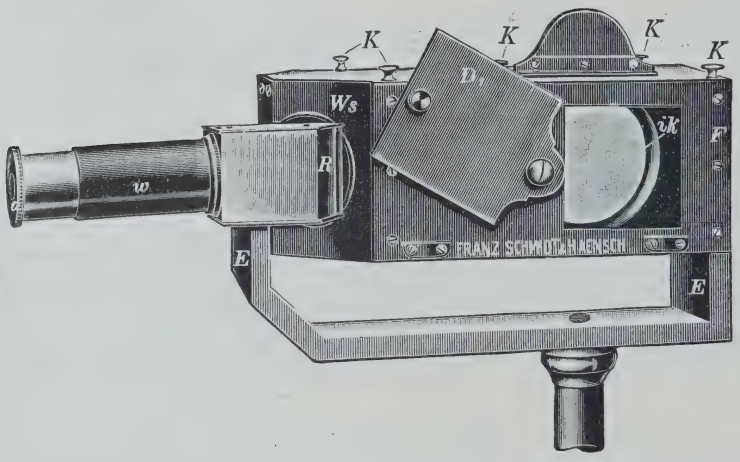


Fig. 7. (Aus Bloch, Lichttechnik.)

Photometer von Weber

auch zur Messung von Lichtstärken benutzt, da es vor der Photometerbank die Vorteile hat, daß es leicht tragbar ist, und man bei seiner Verwendung keines Dunkelzimmers bedarf*).

Der Apparat (Fig. 8 u. 9) besteht aus einem Tubus A mit der bei b befindlichen Vergleichslichtquelle und den um A als Achse drehbaren Tubus B. Bei f befindet sich eine durch einen Trieb verschiebbare Milchglasplatte, die von der Vergleichslichtquelle, einer genau einstellbaren Benzinkerze, bestrahlt wird. Ihre Entfernung —r— von dieser Kerze wird auf einer am Tubus angebrachten Skala abgelesen. Vor dem Tubus

*) Die nachfolgende Beschreibung ist im wesentlichen der den einzelnen Apparaten von der Firma Schmidt & Haensch, Berlin, beigegebenen Gebrauchsanweisung entnommen.

B können bei g Milch- bzw. Rauchglasplatten eingelegt werden. Bei p befindet sich ein Lummer-Brodhunsches Prisma, so daß man beim Hineinsehen durch die Öffnung O im inneren Gesichtsfeld die Scheibe g, im äußeren die Scheibe f erblickt. Die Flammenhöhe wird nach Öffnen des Fensterchens q an einer auf Spiegelglas geklebten mm-Skala abgelesen, welche sich an der q gegenüberliegenden Wand des Gehäuses befindet. Zur Regulierung der Flammenhöhe verstellt man den Trieb T, bis man 1. die wirkliche Flammenspitze, 2. den Teilstrich 20,0 mm, 3. das Spiegelbild der Flammenspitze in einer Höhe liegen sieht. Diese Einstellung wird durch eine bei 20,0 mm quer über den Spiegel eingeritzte feine

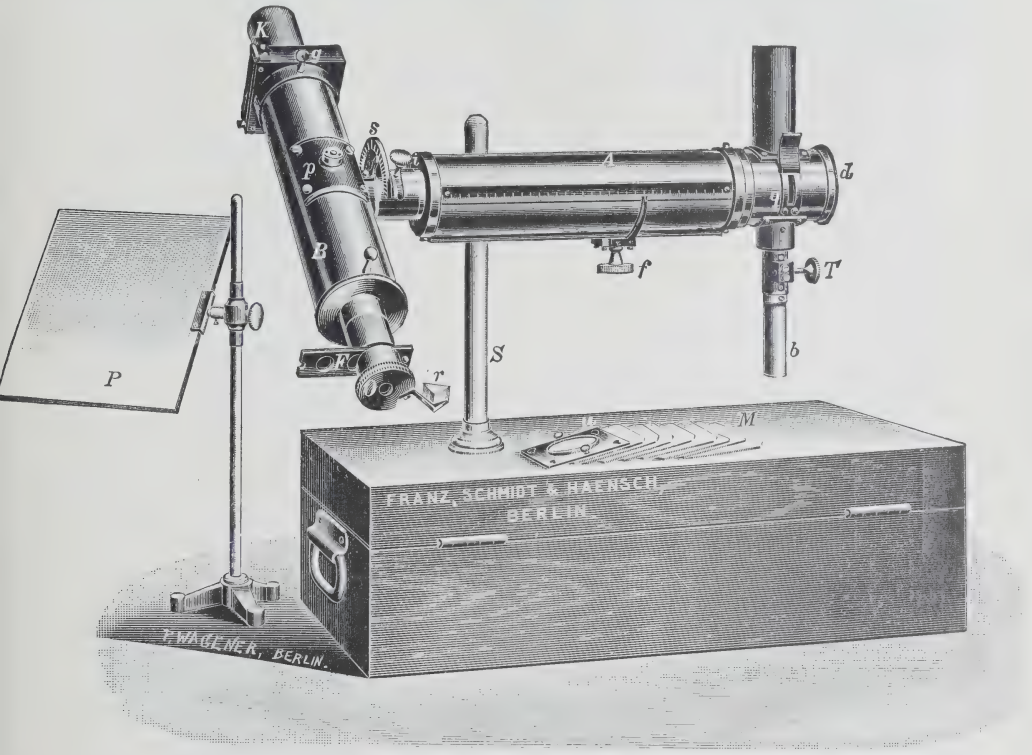


Fig. 8. (Aus dem Katalog der Firma Schmidt & Haensch-Berlin.)

Linie erleichtert. Die Flammenhöhe steigt infolge Erwärmung des Lampengehäuses im Anfange langsam an, wird aber 5—10 Minuten nach dem Anzünden äußerst konstant. Um das Schwanken der Vergleichslichtquelle ganz zu vermeiden, empfiehlt Uppenborn an Stelle der Benzinlampe kleine, konstante elektrische Glühlampen, die auf bestimmte Spannung oder Stromstärke einreguliert werden.

Jedem Photometer ist eine Anzahl gezeichneter Platten beigegeben; 1 und 2 sind Rauchgläser, 3—7 Milchgläser. Die Gläser werden in den Kasten g des Tubus B eingeschoben, und zwar stets so, daß die Zahl dem Beobachter zugekehrt ist und sich links oben befindet.

Zur Messung von Lichtstärken schiebt man die Milchglasplatte Nr. 3 in den Kasten g, richtet das Rohr B gegen die Mitte der

zu untersuchenden Lampe, schließt dessen seitliche Klappe und mißt die Entfernung R von dieser Platte bis zur Mitte der Flamme in Zentimetern. Wenn tunlich, macht man R zur Erleichterung der Rechnung genau gleich 100 cm.

Nun reguliert man mittels des Triebes T die Flammenhöhe, bis dieselbe genau 20,0 mm beträgt. Dann verschiebt man durch Drehen des Knopfes f (in Fig. 8) die Milchglasplatte in dem Tubus A, bis im Gesichtsfelde Kreisfläche und Ring gleich hell erscheinen. Nachdem nochmals die Flammenhöhe sorgfältig reguliert ist, nimmt man nacheinander mehrere Einstellungen der Milchglasscheibe vor und nimmt aus allen Ablesungen r das arithmetische Mittel. Dann ist die Lichtstärke der untersuchten Lichtquelle

$$I = C_3 \frac{R^2}{r^2} \text{ Hefnerkerzen.}$$

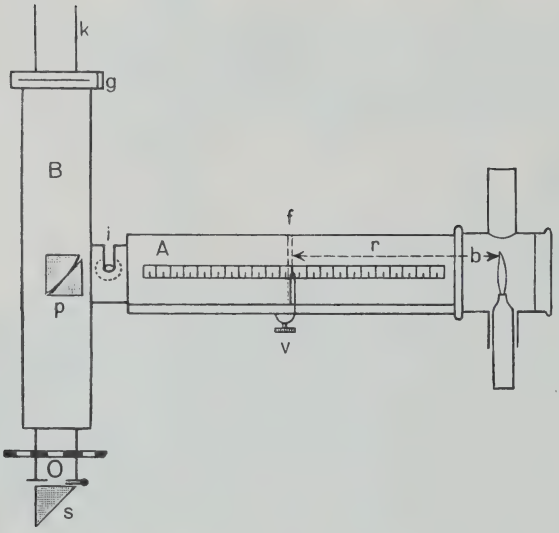


Fig. 9. (Aus Katalog Schmidt & Haensch.)

Die Konstante C_3 ist für das benutzte Photometer in einer jedem Apparate beigegebenen Tabelle angegeben*). Die runde Milchglasplatte wird zweckmäßig nicht näher als auf 10 cm an die Benzinflamme herangebracht. Läßt sich zwischen 10 und 30 cm Entfernung keine Stellung der Platte finden, bei der gleiche Helligkeit vorhanden ist, so hat man zwei Fälle zu unterscheiden. Bleibt der Kreis im Gesichtsfelde immer dunkler als der Ring, so muß man den Abstand R der zu untersuchenden Lichtquelle verkleinern; bleibt der Ring immer dunkler als der Kreis, so vergrößert man entweder R, oder man legt nicht nur die Platte 3 in den Kasten g, sondern die Platten 3 und 4, bzw. wenn sich noch keine Stellung gleicher Helligkeit finden läßt, die Platten $3+4+5$, $3+4+5+6$. Zur Berechnung der Lichtstärke setzt man im letzteren Falle nicht die Konstante C_3, sondern die Konstanten C_4 bzw. C_5, C_6 der beigegebenen Tabelle in die Formel ein. Wie erwähnt, ist die Lichtstärke der Lampen in verschiedenen Richtungen des Raumes verschieden. Man muß daher eine größere Anzahl von Bestimmungen unter verschiedenem Winkel machen. Die erhaltenen Zahlen trägt man zweckmäßigerweise in ein Koordinatensystem ein, wie es aus Fig. 10 ersichtlich ist.

Wichtiger als die Messung von Lichtstärken ist für den Hygieniker die Messung der Beleuchtung.

---

*) Die Multiplikation mit dieser Konstanten ist nötig, da die Vergleichslichtquelle keine Normallampe ist.

Hierzu wird das Webersche Photometer in folgender Weise verwendet: Am Orte und in der Neigung der zu untersuchenden Fläche wird der weiße Schirm Fig. 8 *P* aufgestellt. Dann richtet man den Tubus *B* des Photometers auf die Mitte des Schirmes, während keine Platten im Kasten *g* sind. Die Richtung des Tubus *B* darf mit der in der Mitte des Schirmes errichteten Senkrechten keinen größeren Winkel als 30° bilden. Ferner dürfen weder die Beobachter noch das Photometer merkliche Schatten auf den Schirm werfen.

Nun wird zunächst die Benzinkerze eingestellt. Dann wird der Knopf *f* so lange verschoben, bis das ganze Gesichtsfeld gleichmäßig hell ist. Bei geringen Helligkeiten des Schirmes erreicht man dies, ohne daß Gläser in den Kasten *g* geschoben werden. Bei stärkeren Helligkeiten schiebt man zunächst die Rauchglasplatte 1, und wenn diese nicht ausreicht, die Platten

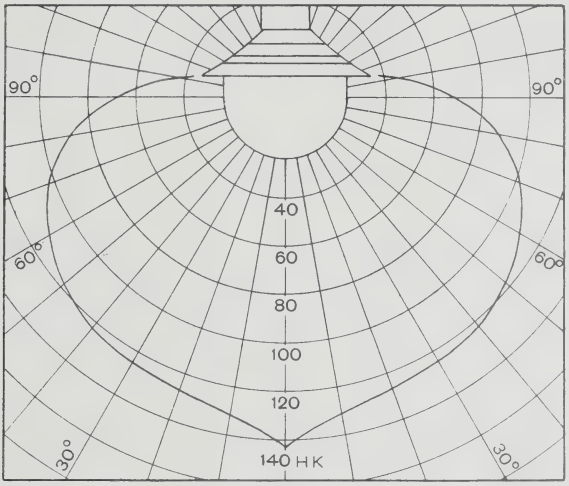


Fig. 10.

1 und 2 in den Kasten *g*. Nachdem eingestellt ist, liest man wieder *r* an der Skala ab.

Die Berechnung der Beleuchtungsstärke geschieht nach der Formel:

$$E = C' \cdot \frac{10\,000}{r^2} \text{ Lux.}$$

Die Werte für die Konstante C' sind ebenfalls in der erwähnten Tabelle angegeben. Der Faktor $10\,000 = 100 \cdot 100$ rührt daher, daß wir eigentlich eine gedachte Lichtquelle messen, welche sich im Abstand von $R = 100$ cm von der untersuchten Fläche befindet.

Läßt sich nach Einschieben der Rauchglasplatte $1 + 2$ noch nicht auf gleiche Helligkeit einstellen, so schiebt man anstatt der Rauchgläser die Milchglasplatte 3 ein, bzw. $3 + 4$, $3 + 4 + 5$ usw. Dabei darf aber die Entfernung des Schirmes von dem Photometer nur so groß sein, daß die in Fig. 11 gestrichelten Strahlen alle den Papierschirm treffen.

Messung der Beleuchtungsstärke mittels einer durchlässigen mattierten Milchglasplatte.

Man entfernt den Abblendungstubus *k* und setzt an seine Stelle die Fassung des Milchglases *μ*. Durch Drehung der Tuben *A* und *B* wird

die Platte μ in die zu untersuchende Fläche gebracht. Ist also z. B. die Beleuchtungsstärke in einer horizontalen Fläche zu messen, so wird der Tubus B nach oben gerichtet, wie er in den Fig. 8 u. 9 gezeichnet ist; zur Einstellung bedient man sich dann des kleinen Reflexionsprismas vor der Öffnung O. Die Einstellung auf gleiche Helligkeit, eventuell nach Vorschaltung der Platten 3, 3 + 4 usw. ist wie vorhin vorzunehmen. — Die Berechnung der Beleuchtungsstärke E auf dem Milchglase μ geschieht nach der Formel $E = C_{\mu''} \frac{10\,000}{r^2}$ Lux.

Bestimmung der Konstanten.

Soweit die Konstanten von der Transparenz der Milchgläser abhängen, können sie als unveränderlich angesehen werden. Da aber eine Veränderung der Vergleichslampe durch Docht und Brennmaterial nicht ausgeschlossen ist, bleibt die Bestimmung der Konstanten zur Kontrolle der angegebenen Werte von Zeit zu Zeit empfehlenswert und soll deshalb hier beschrieben werden.

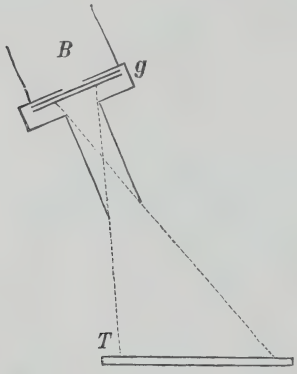


Fig. 11.

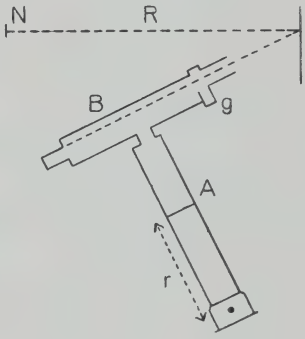


Fig. 11a.

(Aus Katalog Schmidt & Haensch.)

Bestimmung der Grundkonstanten C_3, C_0' und $C_{\mu''}$.

Für diese Bestimmung braucht man entweder eine Hefnerlampe oder eine Normallampe von bekannter Lichtstärke.

Um C_3 zu finden, richtet man das Photometer so auf die Lampe bekannter Lichtstärke, wie es im Abschnitt über die Messung von Lichtstärken beschrieben ist; dann findet man nach der Formel

$$n = C_3 \cdot \frac{R^2}{r^2}$$

$$C_3 = \frac{n \cdot r^2}{R^2}.$$

Um die Konstante C_0 zu finden, richtet man das Photometer auf den weißen Schirm, wie es Fig. 11a zeigt; die Entfernung des Photometers vom Schirme ist unwesentlich, die Neigung des Tubus B gegen die Normale auf der Schirmmitte darf nicht mehr als etwa 30° betragen. Die Normallampe N ist im Abstand R vom Schirme in der Normalen zur Schirmmitte aufgestellt und ruft auf dem Schirme die Beleuchtungsstärke $\frac{n}{R^2}$ Lux her-

vor, wenn R in Metern gemessen ist, oder $\frac{10000\,n}{R^2}$, wenn R in Zentimetern gemessen wird.

Besonders ist darauf zu achten, daß der weiße Schirm lediglich durch die Normalkerze und durch keinerlei sonstiges diffuses Licht beleuchtet wird. Man muß diese Messung daher im schwarz gestrichenen Zimmer machen oder passende Schirme aufstellen. Ist das Photometer auf gleiche Helligkeit der Vergleichsfelder eingestellt, so hat man nach der Formel

$$10000 \cdot \frac{n}{R^2} = \frac{10000}{r^2} C_0 \text{ oder } C_0 = \frac{nr^2}{R^2},$$

wo r und R in cm einzusetzen sind. Wird eine Hefner-Lampe benutzt, so ist $n = 1$ und

$$C_0 = \frac{r^2}{R^2}.$$

In ähnlicher Weise wird C_μ'' bestimmt. Die Normallampe habe von der Milchglasplatte μ den Abstand R cm; r sei die Ablesung am Photometer, dann ist

$$C_\mu'' = n \cdot \frac{r^2}{R^2}.$$

Bestimmung der abgeleiteten Konstanten.

Die Bestimmung der Konstanten C_4, $C_5 \ldots C_1'$, $C_2' \ldots C_3''$, C_4'' wird auf diejenige der Grundkonstanten zurückgeführt, indem man die völlig unveränderlichen und daher durch wiederholte Messungen beliebig genau bestimmbaren Verhältnisse C_4/C_3, $C_5/C_4 \ldots C_1'/C_0' \cdot C_2'/C_1' \ldots C_3''/C_\mu''$, $C_4''/C_3'' \ldots$ ermittelt.

Bei der Bestimmung der abgeleiteten Konstanten braucht man die Lichtstärke der benutzten Lampe nicht zu kennen, nur muß dieselbe recht konstant sein. Es eignen sich dazu Petroleumlampen, noch besser Glühlampen, deren Spannung konstant gehalten wird.

Man richtet das Photometer auf die Lampe und macht abwechselnd eine Einstellung r_3 mit dem Milchglase 3, dann eine Einstellung r_4 mit den Milchgläsern $3 + 4$ im Kasten g. Dann ist die Lichtstärke der Lampe

$$I = C_3 \cdot \frac{R^2}{r_3^2} = C_4 \cdot \frac{R^2}{r_4^2}, \text{ woraus folgt:}$$

$$C_4 = C_3 \cdot \frac{r_4^2}{r_3^2}.$$

In analoger Weise ist

$$C_5 = C_4 \frac{r_5^2}{r_4^2}.$$

In ganz ähnlicher Weise bestimmt man die abgeleiteten Konstanten C_1', C_2' bzw. C_3'' usw., indem man das Photometer auf den weißen Schirm richtet bzw. mit dem Milchglase μ versieht und nun abwechselnde Beobachtungen macht. Bei Bestimmung der Konstanten C_3' ist sorgfältig darauf zu achten, daß das Photometer korrekt aufgestellt ist. Auch ist es nötig, daß der ganze Schirm völlig gleichmäßig beleuchtet ist, soweit er sich an dem Strahlenkegel beteiligt. Dies kommt insbesondere für die Bestimmung des Verhältnisses C_3'/C_2' in Betracht.

Messung verschiedenfarbigen Lichtes.

Bei den bisher beschriebenen Methoden ist vorausgesetzt, daß das zu untersuchende Licht sich in der Farbe nicht wesentlich von dem der Vergleichslichtquelle unterscheidet. Diese Voraussetzung ist in der Praxis aber nur selten erfüllt. Hierdurch wird die Schwierigkeit des Photometrierens erheblich vergrößert. Für den geübten Beobachter vermindert die Schulung des Auges die Schwierigkeit zwar in hohem Grade, jedoch müssen für weniger Geübte und besonders, wenn die Ergebnisse verschiedener Beobachter miteinander verglichen werden sollen, Methoden angewandt werden, welche die verschiedene Färbung des Lichtes kompensieren, da es gar nicht selten vorkommt, daß bei Messungen verschiedenfarbigen Lichtes die photometrischen Einstellungen der verschiedenen Beobachter um viele Prozent voneinander abweichen. Bei sehr großer Verschiedenheit der Farben versagen auch geübte Beobachter.

Zur Behebung dieser Übelstände kann man verschiedene Wege beschreiten. So kann man z. B. den Vergleich verschiedenfarbigen Lichtes dadurch erleichtern, daß man vor die Vergleichslichtquelle farbige Gläser vorschaltet oder das eine Photometerfeld durch die zu messende stärkere Lichtquelle, das andere durch die Normallampe und einen berechenbaren Bruchteil des Lichtstromes der ersten Lichtquelle beleuchtet. Hierdurch werden die Farben der beiden Lichtquellen einander angenähert. Bei sehr starker Verschiedenheit versagt aber auch dies Verfahren. Dasselbe gilt von einer Reihe im Prinzip ähnlichen Methoden*). Aus diesem Grunde hat man bei einigen Meßmethoden auf den Vergleich der optischen Helligkeit überhaupt verzichtet und auf ganz anderer Grundlage beruhende Wege beschritten. Der erste ist die Flimmerphotometrie, der zweite die Methode gleicher Sehschärfe.

Das **Flimmerphotometer** beruht auf folgender Tatsache: Gelangt von zwei aneinander stoßenden, ungleich beleuchteten Feldern das Licht abwechselnd, bei bestimmtem Wechsel ins Auge, so erzeugt es die Empfindung des Flimmerns. Wird die Beleuchtung der beiden Felder gleich, so hört das Flimmern auf. Das Aufhören des Flimmerns kann man auch beim Vergleich von verschiedenfarbigen Lichtquellen durch Änderung der Beleuchtung erreichen. Mit Rood[3]) wird auch in diesem Falle das Verschwinden des Flimmerns als Zeichen der Gleichheit der Beleuchtung angenommen.

In einfacher Weise ist dies Prinzip im Flimmerphotometer von Bechstein zur Anwendung gelangt (Fig. 12). Die Lampen J_1 und J_2 werfen ihr Licht auf die beiden Flächen des Gipskeiles G. Die keilförmige Linse K wird durch einen kleinen Elektromotor in Rotation versetzt, und je nach ihrer Stellung wird das Gesichtsfeld des bei A durch eine Lupe blickenden Beobachters einmal durch I_1 und einmal durch I_2 beleuchtet.

Das vorhin besprochene Prinzip ermöglicht es, selbst so stark verschiedenfarbige Lichtquellen, daß nach dem Verfahren des direkten Vergleichs ein Messen ganz unmöglich wird, miteinander zu vergleichen. Es muß aber hervorgehoben werden, daß das Flimmerphänomen theoretisch

*) Theoretisch müßte ein Vergleich verschiedenfarbigen Lichtes dadurch auf große Schwierigkeiten stoßen, daß zwei verschiedenfarbig aber gleich intensiv beleuchtete Flächen bei einer bestimmten Intensität gleich hell, bei einer anderen aber verschieden hell erscheinen. (Purkinjesches Phänomen.) Praktisch ist dies aber bedeutungslos, da dies Phänomen nur bei ganz schwacher Beleuchtung auftritt.

noch keineswegs geklärt ist, und daß die mit dem Flimmerphotometer gewonnenen Werte nicht mit denen durch direkten Vergleich übereinstimmen, „Flimmerwert“ und „Helligkeitswert“ einer Lichtquelle also keineswegs identisch sind.

Wichtiger für die Hygiene ist zumeist die Messung verschiedenfarbigen Lichtes nach der

Methode gleicher Sehschärfe.

Diese ist von Weber in folgender Weise bei seinem Photometer zur Anwendung gebracht:

Man schaltet vor das Okular des Photometers ein rotes Glas und kann jetzt, wo beide Gesichtsfeldhälften gleich gefärbt sind, leicht eine Messung ausführen. Der so gefundene Wert gilt nur für den roten Teil der Strahlung. Um ihn auf weißes Licht umzurechnen, muß er noch mit einem Faktor k multipliziert werden, der kleiner als 1 ist, wenn die zu untersuchende Lichtquelle verhältnismäßig mehr rote Strahlen enthält als die Vergleichslampe, und größer als 1 im umgekehrten Falle.

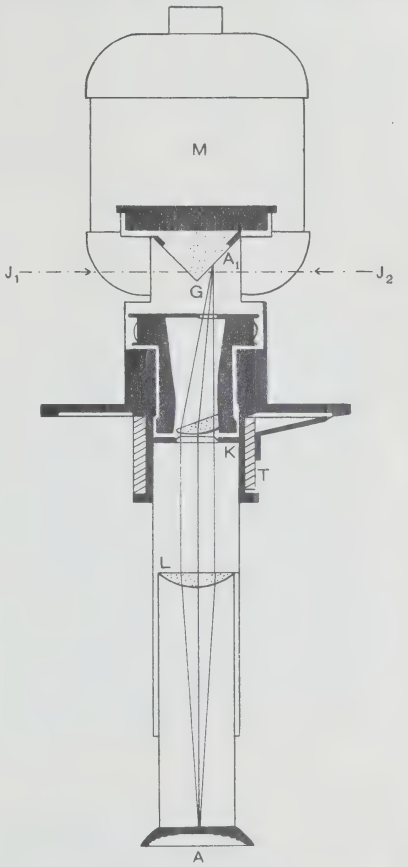


Fig. 12. (Aus Katalog Schmidt & Haensch.)

Der Faktor k wird so bestimmt, daß die mit seiner Hilfe gefundenen Werte angeben, wieviel Kerzen die untersuchte Lichtquelle in bezug auf Sehschärfe äquivalent ist. Man geht dabei folgendermaßen vor: Von zwei völlig gleichen Sehprobentafeln mit Sehproben von abgestufter Schwierigkeit wird die eine durch die Normallichtquelle, die andere durch die zu untersuchende Lampe beleuchtet. Die Beleuchtung wird so reguliert, daß auf beiden Sehproben dieselben Sehzeichen noch gerade unterschieden werden können. Dann ist die Beleuchtung hinsichtlich der Sehschärfe auf beiden Tafeln äquivalent. Jetzt wird beiderseits die Beleuchtung in rotem Lichte gemessen. Ergibt sich z. B. für die von der Normallampe beleuchtete Fläche der Wert 15 Lx und für die andere Tafel der Wert 10 Lx, so ist $k = \frac{15}{10} = 1{,}5$. Mit diesem Faktor muß also der im roten Lichte gefundene Wert multipliziert werden, wenn Licht von der Farbe der untersuchten Lichtquelle gemessen werden soll.

Da die Einstellung auf gleiche Sehschärfe schwierig und der nach der vorhin beschriebenen Methode gefundene Faktor k nur dann anwendbar ist, wenn Licht von derselben Farbe, wie das, bei welchem k bestimmt

wurde, untersucht wird, hat Weber noch ein anderes Verfahren zur Bestimmung von k eingeschlagen. Es zeigt sich nämlich, daß k in eindeutiger Weise von dem Verhältnis des grünen Lichtes zum roten abhängt. Man kann also für jeden Wert des Bruches Grün : Rot einen zugehörigen Wert für k festlegen. Die so gefundenen Werte werden in eine Tabelle eingetragen.

Bei verschiedener Färbung der Vergleichsfelder des Photometers macht man dann eine Messung im roten und eine im grünen Lichte, bildet den Quotienten $\frac{Gr}{R}$, entnimmt aus der Tabelle den zugehörigen Faktor k und multipliziert damit den für Rot gefundenen Wert.

Eine solche von Weber aufgestellte Tabelle ist nachstehend abgedruckt. Sie gilt, wie Weber selbst betont, streng genommen allerdings nur für solche Lichtquellen, die aus glühenden Kohlenteilchen bestehen. Für andere Lichtarten ist ihre Anwendung nur mit Annäherung zulässig. Ein Schüler Webers, Stuhr[4]), hat gefunden, daß die Werte für k außer von der Art des Lichtes auch von der Intensität beeinflußt werden. Die von ihm festgelegten Werte von k weichen aber von den Weberschen Werten so wenig ab, daß diese für die Praxis ausreichend sind.

Tabelle nach L. Weber zur Photometrie gefärbten Lichtes.

$\frac{G}{R}$	k	$\frac{G}{R}$	k	$\frac{G}{R}$	k	$\frac{G}{R}$	k	$\frac{G}{R}$	k	$\frac{G}{R}$	k
0,0		**1,0**	**1,00**	**2,0**	**1,60**	**3,0**	**2,02**	**4,0**	**2,33**	**5,0**	**2,60**
0,1		1,1	08	2,1	65	3,1	05	4,1	36	5,1	62
0,2		1,2	15	2,2	70	3,2	08	4,2	39	5,2	64
0,3	0,50	1,3	22	2,3	75	3,3	11	4,3	41	5,3	67
0,4	56	1,4	28	2,4	80	3,4	15	4,4	44	5,5	69
0,5	**0,64**	**1,5**	**1,34**	**2,5**	**1,84**	**3,5**	**2,18**	**4,5**	**2,47**	**5,5**	**2,71**
0,6	72	1,6	40	2,6	88	3,6	20	4,6	49	5,6	
0,7	80	1,7	46	2,7	92	3,7	24	4,7	52	5,7	
0,8	87	1,8	50	2,8	96	3,8	27	4,8	55	5,8	
0,9	94	1,9	55	2,9	99	3,9	30	4,9	57	5,9	

Wie die Flimmerwerte, stimmen auch die nach der eben geschilderten Methode gefundenen Werte bei ungleicher Lichtfarbe nicht mit denen bei direktem Vergleich erhaltenen überein. Für den Hygieniker sind aber entschieden die Sehschärfenwerte von größerer Bedeutung als die bei direktem Vergleich erhaltenen, da es für die Brauchbarkeit einer Lampe darauf ankommt, daß bei ihrem Licht feine Einzelheiten unterschieden werden können. So will schon W. von Siemens[5]) die Beleuchtung zweier verschiedenfarbiger Flächen nicht dann als gleichwertig ansehen, wenn die Flächen dem Auge gleich hell erscheinen, sondern erst dann, wenn auf ihnen angebrachte Sehzeichen gleich deutlich erkennbar sind.

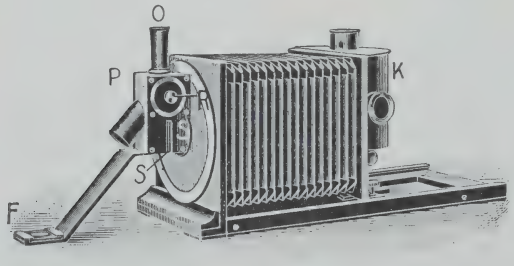


Fig. 13.

Andere Photometer.

Außer dem Weberschen findet für hygienische Messungen auch das **Krüßsche Photometer** Anwendung (Fig. 13). In dem Kasten *K*, der mit dem bei *P* angebrachten Photometerkopf durch einen zusammenschiebbaren Balg verbunden ist, befindet sich eine Normal-Hefnerlampe.

Die Meßfläche *F* wird an diejenige Stelle gebracht, deren Beleuchtung gemessen werden soll; sie kann mit dem Photometerkopf, welcher mit Lummer-Brodhunschem Prismenpaar versehen ist, gedreht werden; ihre Neigung kann an einem Teilkreis abgelesen werden.

Durch das Okular *O*, vor welches auch ein rotes und ein grünes Glas geschoben werden kann, wird die Beleuchtung des Photometerschirmes *S* und die der Meßfläche miteinander verglichen: sie wird gleich gemacht durch Verschieben des Balges mit der Hefnerlampe. Ein Zeiger gleitet an einer Teilung, von welcher Lux abgelesen werden können, während eine zweite Teilung mit Metermaß versehen ist. Bei *R* ist ein Zeiger, der auf die Zahlen 10, 1 und 0,1 eingestellt wird. Mit der Zahl, auf welcher dieser Zeiger steht, muß die in Lux abgelesene Zahl multipliziert werden.

Fig. 14. (Aus Katalog Krüß-Hamburg.)

Außer zur Messung von Beleuchtungsstärken kann der Apparat auch zur Messung der Lichtstärke von Lichtquellen benutzt werden. Die Vergleichsfläche wird zu diesem Zweck in senkrechte Lage gebracht und die zu messende Lichtquelle in gemessenem Abstande davor aufgestellt. Die Berechnung geschieht folgendermaßen:

Es sei R der senkrechte Abstand der zu messenden Lichtquelle von der Vergleichsfläche, r der am Instrument abgelesene Abstand der Normallampe. Dann ist die gesuchte Lichtstärke

$$I = \frac{R^2}{r^2};$$

oder, wenn E die am Instrument abgelesene Beleuchtungsstärke der Vergleichsfläche ist:

$$I = ER^2.$$

Wesentlich einfacher und billiger, dabei auch leichter zu handhaben, sind die ursprünglich von Wingen angegebenen Instrumente. Sie gestatten allerdings nur eine angenäherte Bestimmung der Beleuchtung, reichen aber für die meisten hygienischen Zwecke aus.

Der **Wingensche Helligkeitsprüfer** (Fig. 14) erlaubt, die Flächenhelligkeit eines Arbeitsplatzes in den Grenzen von 10—50 Lux zu bestimmen.

Der Apparat enthält eine Benzinlampe *B*, deren Docht durch einen Knopf *K* bewegt werden kann.

Nachdem man die Lampe bei geschlossenem Kasten hat 5—10 Minuten brennen lassen, stellt man die Flammenspitze so ein, daß sie in der Verbindungsebene des Striches M auf dem Glasfenster mit einem der fünf Striche der im Kasteninneren befindlichen Skala liegt. Dann hat die Benzinflamme eine solche Intensität, daß sie an der Vergleichsstelle eine Beleuchtung von 10, 20, 30, 40 oder 50 Lux erzeugt.

Will man mit dem Helligkeitsprüfer feststellen, ob ein Arbeitsplatz eine bestimmte Beleuchtung hat, so stellt man den Apparat nach Einregulieren der Flamme und Herausziehen des Kartons C_2 mit diesem auf die Mitte des Arbeitsplatzes und vergleicht durch das Beobachtungsrohr O und das darin befindliche rote Glas die Helligkeit des Kartons C_2 mit derjenigen des im Inneren befindlichen Kartons C_1. Erscheint der äußere Karton heller als der innere, so hat er eine größere Beleuchtung als derjenige, auf welchen die Flamme eingestellt ist, erscheint er dunkler, so hat er eine geringere*).

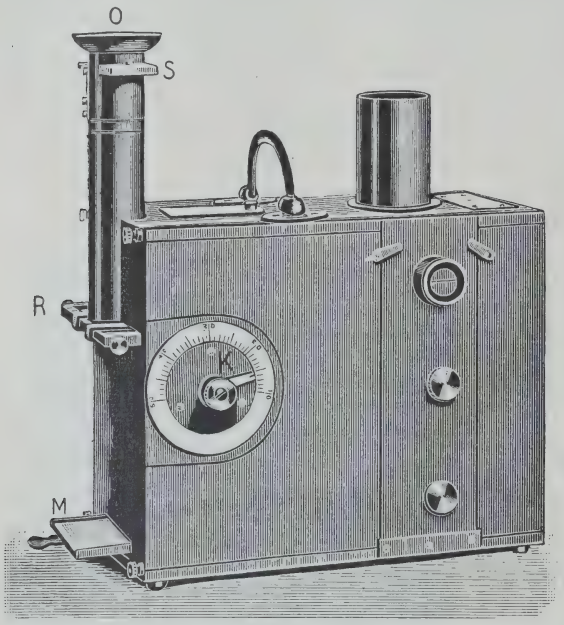


Fig. 15. (Aus Katalog Schmidt & Haensch.)

Während nun dieser Apparat mehr zu lediglich orientierenden Untersuchungen geeignet ist, gestattet der von Krüß ausgeführte

Wingensche Beleuchtungsprüfer

genauere Messungen. Er besitzt einen Meßbereich von 500 Lux und ist nicht nur auf Messungen im roten Licht beschränkt. Die Flamme der Benzinlampe braucht nur auf eine bestimmte Länge eingestellt zu werden. Die Abstufungen der Helligkeit werden dadurch erzielt, daß der von der Benzinlampe beleuchtete Karton um eine horizontale Achse drehbar ist.

Durch das Okular O (Fig. 15) blickt man einerseits durch die unten horizontal aus dem Kasten herausziehbare Meßfläche M, welche auf diejenige Stelle eines Arbeitsplatzes gebracht wird, deren Beleuchtung gemessen werden soll, andererseits auf die drehbare Vergleichsfläche. Durch Drehen des Knopfes K werden dann beide Gesichtshälften auf gleiche Helligkeit gebracht. An der Skala wird die Beleuchtungsstärke in Lux abgelesen.

Ein unter der Vergleichsfläche angebrachter Schieber R enthält vier mit den Zahlen *1*, *2*, *5* und *10* bezeichnete Fächer. In dem Fach *1* befindet sich kein Absorptionsglas, ist dieses vorgeschoben, so gelangt die

*) Man erachtet dabei — freilich nicht immer ganz zutreffend — diejenigen Plätze als ausreichend beleuchtet, deren Beleuchtung 10 Lx roten Lichtes übersteigt.

Helligkeit der Meßfläche *M* ungeschwächt zur Wirkung. In den Fächern *2*, *5* und *10* sind Absorptionsgläser angebracht, welche von dem Licht der Meßplatte nur $^1/_2$, $^1/_5$ bzw. $^1/_{10}$ durchlassen. Wird bei größerer Beleuchtung eines Arbeitsplatzes eines dieser Absorptionsgläser benutzt, so muß die Angabe an der Skala, wenn auf gleiche Helligkeit der beiden Teile des Gesichtsfeldes eingestellt ist, mit der dem Absorptionsglase entsprechenden Zahl multipliziert werden.

Ein im Okular *O* befindlicher Schieber *S* enthält ein rotes und ein grünes Glas. Durch Vorschieben der betreffenden Farbe kann der rote und der grüne Anteil des Lichtes gemessen und dabei in derselben Art wie beim Weberschen Photometer das weiße Licht berechnet werden[6]).

Zur schnellen Orientierung über die an verschiedenen Stellen im Raume vorhandene Beleuchtungsstärke dienen einige sehr einfache Meßinstrumente, von denen das amerikanische **„Foot-Candle-Meter“** das Prinzip des Fettfleckphotometers benutzt. Es besteht aus einem kleinen, in der Rocktasche tragbaren Kästchen, in dem eine kleine elektrische Lampe

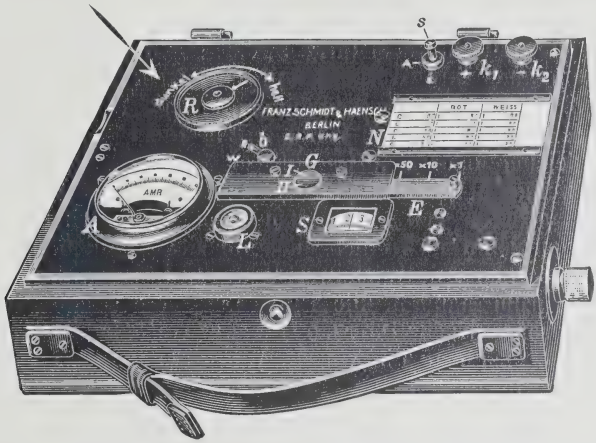


Fig. 15a. (Aus Katalog Schmidt & Haensch.)

brennt. Im Deckel des Kästchens ist eine Reihe mit Ölpapier verklebter und mit Ziffern bezeichneter Löcher. Legt man den Kasten auf den zu untersuchenden Platz, so erscheint eine Reihe der Löcher hell, die andere dunkel. An der Grenze zwischen hell und dunkel liest man die Ziffer ab, und diese entspricht der Platzhelligkeit. Der Fehler des Instrumentes beträgt etwa 30%. — In Deutschland wird neuerdings von der Firma Schmidt & Haensch, Berlin, das in Fig. 15a abgebildete **„Luxmeter“** in den Handel gebracht. Bei diesem Instrument werden nach Einregulieren der im Inneren befindlichen elektrischen Lampe, die vermittels einer besonderen Beleuchtungskammer eine bei G_I befindliche Mattscheibe erhellt, durch Drehen des Knopfes K die beiden Hälften (G_I und G_{II}) des Gesichtsfeldes auf gleiche Helligkeit gebracht. Bei S kann dann die entsprechende Beleuchtungsstärke abgelesen werden. Durch Einschalten von Scheiben verschiedener Albedo bei G_{II} und verschiedener Einstellung des von zwei Taschenbatterien gelieferten elektrischen Stromes kann der Meßbereich des Instrumentes von 0,01—500 Lux ausgedehnt werden. Eigene Erfahrungen in diesem Instrument hat Verfasser nicht, doch soll der Fehler nur 5—10% betragen, eine für photometrische Messungen sehr große

Genauigkeit. (Ein wesentlich billigeres, wenn auch nicht so genaues Instrument, bringt die Osram-Gesellschaft, Berlin, in den Handel.)

Apparate ohne Vergleichslichtquelle und chemische Lichtmeßverfahren.

Einige Lichtprüfapparate versuchen ohne Vergleichslichtquelle auszukommen. Es wird bei derartigen Instrumenten entweder das untersuchte Licht so lange abgeschwächt, bis gerade noch eine Lichtempfindung ausgelöst wird, oder bis gewisse Sehproben gerade noch erkannt werden können. Hierher gehört unter anderen der später nochmals zu erwähnende Cohnsche Lichtprüfer. Alle derartigen Meßapparate müssen abgelehnt werden. Bei ihnen wird das Auge anstatt als vergleichendes als absolutes Meßinstrument benutzt. Da aber die Beschaffenheit der Augen bei verschiedenen Individuen ganz verschieden ist, ja sogar bei demselben Individuum stark schwankt, können zuverlässige Ergebnisse mit diesen Apparaten nicht erhalten werden.

Ebenfalls unbrauchbar für Beleuchtungsmessung sind alle chemischen Verfahren, da die optische Lichtstärke zweier Lichtquellen ganz verschieden sein kann, wenn auch ihre Wirkung auf chemische Reagentien gleich ist. Dies gilt sowohl für künstliche wie für natürliche Beleuchtung. Die Beleuchtung eines Platzes mit viel reflektiertem Licht hat nach Reichenbach trotz gleicher oder selbst größerer optischer Helligkeit eine geringere Einwirkung auf photographisches Papier, als die eines Platzes, der sein Licht zum größten Teil unmittelbar vom Himmelslicht empfängt. — Unter Umständen kann es freilich auch für den Hygieniker wichtig sein, den „photographischen Äquivalenzwert“ des Lichtes zu bestimmen, z. B. wenn es sich darum handelt, die Einwirkung des Lichtes auf die Haut näher zu studieren. Nach Dorno[7]) kann von allen photographischen Methoden als die exakteste die von L. Weber[8]) vorgeschlagene und von H. König[9]) beschriebene gelten. Interessenten müssen auf diese Veröffentlichungen verwiesen werden.

Auf photochemischer Reaktion beruht auch Fürstenaus Aktinimeter. In eine mit Schutzschieber versehene Auffangdose ist unter Quarzfenster eine Zelle aus Selen gebettet, welches bei Bestrahlung in die elektrizitätsleitende Modifikation übergeht und daher, in einen Zweig einer Wheatstoneschen Brücke geschaltet, ein bei unbelichteter Zelle auf drei feste Widerstandsspulen abgestimmtes Zeigergalvanometer zum Ausschlag bringt. Das verführerisch leicht zu handhabende Instrument ist geeicht auf eine willkürliche Lichteinheit Q (Quarz), deren 40 vor der künstlichen Höhensonne ein Erythem leichten Grades erzeugen. Die Selenzellen sind praktisch frei von Inkonstanz, Ermüdungserscheinungen und störender Trägheit, sie reagieren aber, wie jedes Selen, weit mehr als auf den kurzwelligen auf den langwelligen Spektralteil, insbesondere Rot und Ultrarot. Durch Vorschaltung von Filtern vor die Selenzelle, die geeignet wären, nur das Ultraviolett wirken zu lassen, ist wenig zu erreichen, denn alle Gelatinefarbfilter sind stark und auch die farbigen Glasfilter sind sehr merklich durchlässig für das auf Selen besonders wirksame Ultrarot[10]).

Flächenhelle (Leuchtdichte).

Die Bestimmung der Flächenhelle (in der Technik neuerdings mit Leuchtdichte bezeichnet) einer Lichtquelle, d. h. derjenigen Lichtstärke,

Lichtquelle	Abstand a cm	HK (horizontal)	Verbrauch	Verbrauch / HK	Wärmestrahlung Grad	Gesamte Kalorien	Kalorien / HK	Temperatur der Glocke °C
Petroleumlampe, älter. Rundbrenner	43	16	44 g/Std.	2,75 g/K	42	484	30	236
Argandbrenner	43	16	192 l/Std.	12 l/K	61	980	61	300
Älterer Auerbrenner (stehend)	103	93	114 „	1,22 „	11	580	6,25	340
Neuer Liliputbrenner (stehend)	96	81	79 „	0,98 „	6,6	403	5,0	238
Derselbe mit weißer Glocke von 18 cm Durchmesser	71	44,5	79 „	1,78 „	6,1	403	9,1	55
Gräzinhängelicht mit klarem Zylinder	106	99	97 „	0,98 „	9,8	495	5,0	—
Gräzinhängelicht mit Opalglocke, Durchm. = 10 cm	82	59	98 „	1,66 „	17,5	500	8,5	260
Gräzinhängelicht mit Euphosglocke, Durchm. = 10 cm	88,5	69	98 „	1,42 „	14,5	500	7,25	260
Kohlefadenlampe, 32 K 108 Volt	62,5	34,4	89 Watt	2,58 W/K	10	76,5	2,2	115
Osramlampe, 50 K 110 Volt	72	45,7	51 „	1,12 „	5,3	43,8	0,96	85
Nernstlampe, 60 K. mit Opalglocke, Durchm. 9,5 cm	85	63,5	116 „	1,83 „	7,6	100	1,57	93
Sparbogenlampe*) mit Opalglocke, Durchm. 16 cm	133	155	330 „	2,13 „	3,2	283	1,83	82
Diffuses Tageslicht	—	—	—	—	ca. 0,5	—	—	—

welche von 1 qcm der leuchtenden Fläche ausgeht, geschieht in der Weise, daß man durch Ausmessen der Oberfläche der lichtspendenden Fläche (bei Flammen u. ä. zum Beispiel durch Photographieren der Lichtquelle in natürlicher Größe) die Ausdehnung ihrer Oberfläche feststellt und die in senkrechter Richtung gemessene Lichtstärke durch die Anzahl der Quadratzentimeter teilt. Bei kleinen leuchtenden Flächen ist diese Methode schlecht anwendbar, da die durch Lichthofbildung auf der photographischen Platte bedingte Ungenauigkeit zu groß wird. Man muß in solchen Fällen die Größe der leuchtenden Fläche rechnerisch ermitteln und in die Berechnung einsetzen. Lux[11]) hat ein Instrument angegeben, bei dem die zu messende Lichtquelle hinter einen veränderlichen und genau ausmeßbaren Spalt gestellt wird. Die Lichtstärke dieses Spaltes wird dann nach den gewöhnlichen photometrischen Methoden gemessen. Andere Instrumente sind von Dow und Mackimey[12]) sowie von Blondel[13]) angegeben.

Die Flächenhelle einer Lichtquelle darf nicht zu groß sein, da sonst Blendung eintritt. Zur Zeit nimmt man mit Stockhausen meist eine Flächenhelle von 0,75 HK/qcm als höchst zulässig an, doch ist dieser Wert ziemlich willkürlich, da die Blendung des Auges wesentlich von seiner Empfindlichkeit abhängt, und diese beim dunkeladaptierten Auge bis 1000mal größer sein kann als beim helladaptierten.

Wärmeproduktion.

Die Gesamtwärmeproduktion einer Lichtquelle läßt sich berechnen aus der Verbrennungswärme und dem Gewicht des in der Zeiteinheit ver-

*) Die Zahlen für die Bogenlampe sind, weil 1. in horizontaler Richtung und 2. mit ziemlich dichter Opalglocke gemessen wurde, verhältnismäßig viel zu ungünstig ausgefallen — trotzdem ist der Wert für die Wärmestrahlung nächst dem Tageslicht am kleinsten!

brannten Brennstoffes, bzw. der Spannung und Stromstärke des elektrischen Stromes. Eine zu Vergleichszwecken einigermaßen brauchbare Übersicht über verschiedene Lampen gibt die Tabelle auf S. 175 von Voege[14]).

Die erste Spalte der Tabelle enthält die Größe des Abstandes a in cm, in welchem die Lichtquelle in horizontaler Richtung auf einer senkrecht zur Strahlenrichtung stehenden weißen Fläche eine Beleuchtungsstärke von 88 Lux erzeugt, die zweite die hieraus berechnete horizontale Lichtstärke der Lampe in Hefnerkerzen. In der dritten Spalte ist der Verbrauch pro Stunde in Gramm, Litern oder Watt angegeben und in der vierten der Verbrauch pro Stunde und Kerzenstärke. Die fünfte Spalte gibt die Ausschläge des mit der Thermosäule verbundenen Spiegelgalvanometers, wenn der für die normale Kohlefadenglühlampe erhaltene Ausschlag gleich 10 gesetzt wird. Endlich sind noch aufgeführt die von jeder Lampe erzeugte Gesamtwärmemenge in Kalorien pro Stunde, die Kalorien pro Stunde und Hefnerkerze und zum Schluß die ungefähre Temperatur der Glasbirne, des Zylinders oder der Lampenglocke. Die letztere wurde mit Hilfe eines aus Eisen und Konstanten bestehenden, mit Watte an die betreffende Glocke angedrückten Thermoelementes ermittelt.

Von besonderer Bedeutung ist die von den Lichtquellen ausgestrahlte Wärme vor allem für den einzelnen Arbeitsplatz. Die Lichtquelle muß so weit vom Kopfe des Arbeitenden entfernt bleiben, daß eine Belästigung durch Wärmestrahlung nicht mehr stattfindet. Dabei darf jedoch die Beleuchtung nicht zu stark herabgesetzt werden. Durch das Verhältnis von Licht- und Wärmestrahlung ist also eine Zone gegeben, die für die Benutzung der Lampe am geeignetsten ist. Dieser hat Reichenbach[15]) die Bezeichnung „ausnutzbare Zone" beigelegt.

Rubner[16]) hat demgegenüber als Maßstab die „Ausnutzbarkeit der Leuchtkraft" genommen. Darunter versteht er die Beleuchtung, die von der Lichtquelle auf einer ihr senkrecht gegenüberstehenden Fläche hervorgerufen wird, in dem Abstande, in welchem die Wärmestrahlung nicht mehr empfunden wird.

Ist S die Strahlung der Lampe in 1 m Entfernung und p der Grenzwert der zulässigen Wärmestrahlung in $\frac{\text{g-cal}}{\text{sec-qm}}$, so ist die zulässige Entfernung in Metern $\sqrt{\frac{S}{p}}$. Wenn dann I die Lichtstärke ist, so ist die Ausnutzbarkeit der Lichtstärke in $MK = \frac{I \cdot p}{S}$.

Die Wärmestrahlung einer Lichtquelle wird bestimmt, indem sie einer empfindlichen Thermosäule ohne Trichter, die mit einem empfindlichen Galvanometer verbunden ist, gegenübergestellt wird. Die Verwendung eines Trichters bei einer solchen Messung, wie ihn Rubner verwandt hat, ist fehlerhaft, da bei einem solchen Instrument das Gesetz von dem Quadrat der Entfernung nicht stimmt, die Berechnung vielmehr einen zu kleinen Wert ergibt. Rubner[17]) macht demgegenüber geltend, daß der dadurch bedingte Fehler nur klein sei. Immerhin sind die Reichenbachschen Zahlen als die zuverlässigeren anzusehen. Die Eichung dieser Apparatur erfolgt mit Hilfe einer Hefnerlampe, welche eine Strahlung von $\frac{0{,}021 \text{ mg-cal}}{\text{sec-qcm}}$ aussendet. Eine ausführliche Beschreibung der Versuchsanordnung findet sich bei Reichenbach, A. f. H., Bd. 33, S. 324ff.

Der zulässige Grenzwert der Wärmestrahlung steht noch nicht einwandfrei fest. Nach Rubner beträgt er 0,52, nach Reichenbach 0,69 $\frac{\text{mg-cal}}{\text{sec-qm}}$ (korrigierte Zahlen) [vgl. Weyl, Handb. d. Hyg., 2. Aufl., S. 121f.*)].

Schattenmessung.

Erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit ist man auf die Bedeutung der bei künstlicher Beleuchtung entstehenden Schatten aufmerksam geworden. Die Arbeitsflächen sollen nicht ganz schattenlos sein, aber auch keine störenden Beleuchtungsunterschiede aufweisen. Wie groß in den verschiedenen Betrieben die Beleuchtungsunterschiede sein dürfen, ohne störend empfunden zu werden, ist noch nicht sicher ermittelt. Lux[18]) hat durch Versuche, die allerdings noch weiterer Bestätigung bedürfen, festgestellt, daß in Bureaus, Schulen, Feinmechaniker-Arbeitsplätzen, Stickereien, Präzisionsdrehbänken Ungleichförmigkeiten in der Beleuchtung im Verhältnis von 1:10—1:15 noch unbedenklich sind. Für gröbere Arbeiten hält er Ungleichförmigkeiten von 1:15—1:25 und für ganz grobe Arbeiten solche von 1:25—1:35 noch für zulässig. — Die Belästigung des Auges durch Helligkeitsunterschiede ist sehr stark abhängig von der absoluten Größe der Beleuchtung. Bei stärkerer Beleuchtung werden dem Verhältnis nach gleiche Helligkeitsunterschiede weniger unangenehm empfunden als bei schwächerer Beleuchtung. — Ein verhältnismäßig einfaches, aber auch noch nicht völlig erprobtes Verfahren zur Messung von Schatten hat Norden angegeben (Journ. f. Gasbel. 1919, Bd. 62, S. 416). Er stellt nach den Vorschlägen von Ostwald eine Grauleiter her, indem er eine Reihe von grauen Farbtönen so auf einem Streifen anordnet, daß sie eine geometrische Reihe bilden. Zwischen je zwei grauen Feldern liegt ein weißes Feld. Mittels eines Metallwinkels wird an der zu untersuchenden Stelle ein Schatten entworfen und dieser mit der Grauleiter verglichen. Die Methode bedarf noch weiterer Durcharbeitung.

Von ausschlaggebender Bedeutung für die Schattenbildung ist die Art der Beleuchtung. Direkte Beleuchtung durch eine Lichtquelle bedingt tiefe, scharfe Schlagschatten, die meist störend empfunden werden. Durch mehrere direkt wirkende Lichtquellen können die Schatten erheblich aufgehellt werden, ohne an Schärfe einzubüßen. Eine solche Beleuchtung wirkt meist unruhig und ermüdend. Durch halb oder ganz indirekte Beleuchtung, bei der unter der Lichtquelle ein reflektierender Schirm angebracht wird, der entweder alles Licht zunächst gegen die Zimmerdecke wirft (indirekte Beleuchtung) oder einen Teil des Lichtes hindurchläßt und einen Teil gegen die Decke reflektiert (halb indirekte Beleuchtung), lassen sich die Schatten mehr oder weniger aufhellen. Je nachdem, ob fast schattenlose Beleuchtung oder stärkerer Kontrast zwischen voll belichteten und beschatteten Stellen erwünscht ist, was von der Art der im Raume auszuführenden Arbeit abhängt, ist die Auswahl der Beleuchtungsart zu treffen. Eine zu weitgehende Aufhellung der Schatten erschwert das körperliche Sehen und macht einzelne Arbeiten — Gravieren, Uhrmacherei und ähnliches — ganz unmöglich.

*) Voege a. a. O. hat es unternommen, auf Grund der Rubnerschen Zahlen eine Tabelle der „Ausnutzbarkeit" verschiedener Lichtquellen zusammenzustellen; Reichenbach macht aber darauf aufmerksam, daß diese Tabelle nicht stimmt, da Voege bei seinen Messungen die richtigen Strahlungswerte zugrunde legte, sie bei der Berechnung aber mit den ungenauen Rubnerschen Zahlen verglich.

Verbrennungsprodukte, Wärmeentwicklung und Luftbedarf verschiedener Beleuchtungsarten.
(Nach Schaars Kalender für das Gas- und Wasserfach, Jahrgang 1921, S. 199, bearbeitet.)

	Art der Beleuchtung	Licht-stärke HK	Für eine Brennstunde					Für eine Kerzenstunde					Luftbedarf	
			CO_2	H_2O	N_2	zu-sammen	WE	CO_2	H_2O	N_2	zu-sammen	WE	für eine Brenn-stunde	für eine Kerzen-stunde
1	Stearinkerze	1,2	15,6	15,6	88,2	119,4	108	13	13	73,5	99,5	90	112	93
2	Petroleum 20‴	30	282	282	1596	2160	1221	9,4	9,4	53,2	72,0	40,7	2010	67
3	Petroleumglühlicht (Keroslicht)	500	1000	1000	5650	7620	4350	2,0	2,0	11,3	15,3	8,7	7000	14
4	Spiritusglühlicht 14‴	60	45	68	294	407	342	0,75	1,13	4,9	6,8	5,7	372	6,2
5	Luftgasglühlicht	60	45	54	270	369	300	0,75	0,90	4,5	6,2	5,0	342	5,7
6	Wassergasglühlicht	50	50	50	285	385	260	1,00	1,00	5,7	7,7	5,2	360	7,2
7	Azetylen	40	48	24	228	300	312	1,2	0,6	5,7	7,5	7,8	288	7,2
8	Azetylenglühlicht	60	30	15	138	183	198	0,5	0,25	2,3	3,1	3,3	174	2,9
9	Leuchtgas, Schnittbrenner	14	80	176	635	891	700	5,7	12,6	45,3	63,6	50,0	800	57,2
10	„ Argandbrenner	20	96	214	760	1070	850	4,8	10,7	38,0	53,5	42,5	964	48,2
11	„ Gasglühlicht	80	68	151	536	755	600	0,85	1,89	6,7	9,4	7,5	680	8,5
12	„ Hängeglühlicht	100	57	126	435	618	500	0,57	1,26	4,35	6,18	5,0	550	5,5
13	„ Preßgasglühlicht	450	203	454	1620	2777	1800	0,45	1,01	3,6	5,1	4,0	2025	4,5
14	Elektrizität, Kohlefadenlampe	32	—	—	—	—	86	—	—	—	—	2,7	—	—
15	„ Metalldrahtlampe	32	—	—	—	—	29	—	—	—	—	0,9	—	—
16	„ Gasfüllungslampe	600	—	—	—	—	260	—	—	—	—	0,43	—	—
17	„ Bogenlampe mit Reinkohlen	550	12	—	44	56	380	0,02	—	0,08	0,10	0,7	56	0,10
18	„ Bogenlampe mit Effektkohlen	1900	12	—	44	56	380	0,01	—	0,02	0,03	0,2	56	0,03

Ein Mensch produziert stündlich ca. 20—50 l CO_2 und ca. 20=230 g (= 24—280 l) Wasserdampf und verbraucht stündlich ca. 380 l Luft.

Gefahren der Beleuchtung.

Unter den **Gefahren der Beleuchtung** nimmt vom hygienischen Standpunkt das Ausströmen von Leuchtgas die erste Stelle ein. Meist aber ist dies durch den Geruch leicht festzustellen. Liegt der Verdacht vor, daß in einen Raum Leuchtgas einströmt, das infolge Durchtritts durch den Erdboden seine riechenden Stoffe verloren hat, so ist die Raumluft nach den in Bd. 1, S. 707f. beschriebenen Methoden auf Kohlenoxyd zu untersuchen.

Während Spiritusbeleuchtung verhältnismäßig feuergefährlich ist, ist bei der modernen Petroleumlampe Feuers- und Explosionsgefahr sehr gering. Zur Prüfung der Entflammbarkeit der Petroleumdämpfe dient der Abelsche Petroleumprüfer.

In einem Luftbade, das durch ein umschließendes Wasserbad geheizt wird, hängt ein Messingzylinder. In diesen wird das vor der Prüfung auf 12° erwärmte Petroleum bis zu einer Marke eingefüllt. Das Wasserbad wird während des Versuches auf 55° gehalten. Die Temperatur des Petroleums wird durch ein in den Messingzylinder eingeführtes Thermometer gemessen. Der Messingzylinder ist durch einen Deckel verschlossen, der so eingerichtet ist, daß eine Feder bei Druck auf einen Knopf für zwei Sekunden einen Schieber öffnet, während sich gleichzeitig das Flämmchen eines kleinen Lämpchens in den mit Petroleumdampf gefüllten Innenraum des Petroleumbehälters senkt. Haben die Dämpfe eine gewisse Dichtigkeit erreicht, entsteht eine kurzdauernde bläuliche Flamme. Nach einer, jedem Apparat beigefügten Gebrauchsanweisung wird der Entflammungspunkt auf den Normalbarometerstand von 760 mm umgerechnet. Eine völlige Charakterisierung des Petroleums wird durch diese Untersuchung nicht erreicht; sie ist aber auch nicht Sache des Hygienikers[19]).

C. Untersuchung der Beleuchtung von Arbeitsplätzen durch Tageslicht.

Eine ausreichende und nicht blendende Beleuchtung von Arbeitsplätzen durch Tageslicht ist jeder anderen Beleuchtung vorzuziehen. Während wir aber bei künstlicher Beleuchtung mittels der Photometrie sehr leicht feststellen können, ob ein Platz ausreichend beleuchtet ist, ist dies beim Tageslicht viel schwieriger, da die zeitlichen Schwankungen des Tageslichtes außerordentlich große sind. Die Beleuchtungsstärke eines Platzes schwankt nach L. Weber selbst bei Beschränkung auf die Mittagsstunden um das 10—100fache. Ein einigermaßen zuverlässiger Wert für die Lichtgüte eines Platzes könnte bei direkter Messung also erst aus einer großen Reihe von Messungen bei verschiedener Witterung, Tages- und Jahreszeit gewonnen werden. Aus diesem Grunde kommen auch alle subjektiven Methoden, die darauf hinauslaufen, festzustellen, ob an dem betreffenden Platze eine bestimmte Schrift gelesen werden kann, oder ähnliches nicht in Betracht; ganz abgesehen davon, daß bei ihnen alle S. 160 erhobenen Bedenken bestehen. Nur aus historischen Gründen sei daher der auf diesen Grundsätzen beruhende Lichtprüfer von Cohn kurz beschrieben.

Das Instrument besteht aus einem Gestell, welches gestattet, eine Zahlentafel auf meßbare Entfernung abzulesen. Durch vorzustellende Rauchgläser läßt sich die von der Tafel zurückgestrahlte Lichtmenge auf 20; 5 und 1% des ursprünglichen Wertes reduzieren. Cohn will diejenige

Platzhelligkeit als genügend ansehen, bei der noch bei 20% der vorhandenen Helligkeit die Zahlentafel ebenso rasch gelesen werden kann, wie ohne die Rauchgläser.

Eine Messung der Momentanbeleuchtung hat also bei natürlich beleuchteten Plätzen wenig Wert. Notwendig ist es vielmehr, die bleibenden Belichtungsverhältnisse des Platzes zu bestimmen. Diese sind abhängig von der direkt von dem sichtbaren Stück des Himmels auf den Platz fallenden Lichtmenge und dem reflektierten Lichte, das von den Wänden des Zimmers bzw. den gegenüberliegenden Häusern zurückgestrahlt wird.

Jeder Platz muß für die Zeit, zu der billigerweise überhaupt ausreichendes Tageslicht zu erwarten ist, selbst unter den ungünstigsten Verhältnissen der Himmelshelligkeit das notwendige Minimum an Licht erhalten. Daher ist zu fordern, daß jedenfalls ein Teil seiner Belichtung durch direktes Himmelslicht erfolgt. Reflektiertes Licht von gegenüberliegenden Wänden usw. kann zwar eine sehr willkommene Unterstützung des direkten Himmelslichtes ausmachen; es ist aber von der Bewölkung, dem Sonnenstande und dem wechselnden Reflektionsvermögen der Wände zu stark abhängig, um als allein ausreichend gelten zu können.

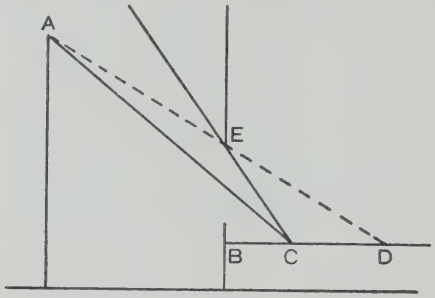


Fig. 16.

Die konstanten Faktoren, welche die Tagesbeleuchtung in erster Linie charakterisieren, sind die Größe des lichtspendenden Himmelsstückes und seine Erhebung über den Horizont. Diese beiden Faktoren werden charakterisiert durch Öffnungs- und Einfallswinkel.

Wenn in Fig. 16 *B C D* die Tischebene darstellt, und *C* die Mitte des Arbeitsplatzes, so ist der Winkel, den der von diesem Punkte an den oberen Rand des Fensters gezogene Strahl *C E* mit der Tischfläche bildet, der obere, der von der Tischfläche und dem an den obersten Punkt des gegenüberliegenden Hauses gezogene Strahl *C A* gebildete Winkel der untere Einfallswinkel. Der von diesen beiden Strahlen eingeschlossene Winkel *E C A* heißt der Öffnungswinkel, und der von der Halbierungslinie dieses Winkels mit der Tischfläche gebildete Winkel ist der mittlere Einfallswinkel. In der Hygiene versteht man demnach unter Einfallswinkel denjenigen Winkel, welchen der einfallende Strahl mit der Tischebene bildet. Da man aber in der Physik den Komplementwinkel hierzu als Einfallswinkel bezeichnet, so wäre es besser, in der Hygiene den Namen Einfallswinkel aufzugeben und diesen lieber als Elevationswinkel oder Neigungswinkel zu bezeichnen. Der obere Neigungswinkel soll nach Förster[20]) und F. Gotschlich nicht unter 27°, der Öffnungswinkel nicht unter 4° betragen.

Meist reicht die Charakterisierung der Lichtgüte eines Platzes nach diesen beiden Gesichtspunkten aus. Es lassen sich aber dagegen einige Bedenken geltend machen. Gruber[21]) hat darauf hingewiesen, daß der Öffnungswinkel nur die senkrechte Ausdehnung des Himmelsstückes mißt, während die Lichtgüte von der Gesamtgröße abhängt. Reichenbach hat aber nachgewiesen, daß dies Bedenken nicht so schwerwiegend ist,

wie es zunächst scheinen könnte, da das lichtgebende Himmelsstück an den vom Fenster entfernten Plätzen, die vorzugsweise für die Messungen in Frage kommen, meist die Gestalt eines schmalen Rechteckes hat. Eine Änderung in der Höhe eines solchen Rechteckes ist aber viel bedeutungsvoller als eine Änderung der Breite. Ebenso beeinflußt die Höhe des Stockwerkes nur den Öffnungswinkel, nicht den Breitenwinkel.

Wesentlicher ist es, daß bei der bloßen Berücksichtigung des Öffnungswinkels der Winkel, unter dem das Licht auf den Arbeitsplatz auftrifft, gar nicht in Betracht gezogen wird. Die Helligkeit, die von den Lichtstrahlen auf einer Fläche hervorgerufen wird, ist aber proportional dem Cosinus des (physikalischen) Einfallswinkels, oder — was dasselbe ist — dem Sinus des Neigungswinkels. Es ist für die Platzbeleuchtung also von der größten Bedeutung, unter welchem Winkel das lichtspendende Himmelsstück vom untersuchten Platze aus erscheint. Fallen die Strahlen allzu schräge auf, so beleuchten sie die Arbeitsfläche zu wenig, wirken aber leicht blendend. Bis zu einem gewissen Grade tragen Förster und Gotschlich dem Rechnung, wenn sie einen oberen Neigungswinkel von nicht unter 27° vorschreiben. Genauer wird die ganze Betrachtung aber, wenn man statt mit dem bloßen Öffnungswinkel mit dem „reduzierten Raumwinkel“ arbeitet. Hierbei berücksichtigen wir auch die flächenhafte Ausdehnung des Himmelsstückes. Zu dem Zweck brauchen wir ein Maß der Fläche und als solches ist von L. Weber[22]) der Begriff des Quadratgrades eingeführt.

Zieht man von einem Punkte des zu untersuchenden Tischplatzes gerade Linien an die Konturen des Fensters, bzw. der den freien Himmel sonst begrenzenden Fläche, wie Dachkanten, Baumkronen usw., so wird ein räumlicher Winkel, d. h. eine Art Pyramide gebildet, deren Spitze in dem Tischplatze liegt, und deren Basis das sichtbare Himmelsstück ist. Als Maß für den räumlichen Winkel an der Pyramidenspitze (Raumwinkel) dient (im Gegensatz zu dem S. 156 betrachteten Raumwinkel) eine rechtwinklige Pyramide, deren Kanten an der Spitze einen Winkel von 1 Grad bilden. Die Öffnung dieser Pyramide heißt ein Quadratgrad*).

Die auf der Tischfläche hervorgerufene Helligkeit ist proportional der Größe des Himmelsstückes nach Quadratgraden gemessen und ferner proportional dem Sinus des Neigungswinkels. Multiplizieren wir also die gefundene Anzahl von Quadratgraden mit dem Sinus des mittleren**) Neigungswinkels, so ersetzen wir gewissermaßen das wirklich vorhandene Himmelsstück durch ein in seiner Größe entsprechend verändertes, das aber senkrecht über dem untersuchten Platze liegt. Cohn und Weber haben empirisch gefunden, daß ein Platz als genügend belichtet gelten kann, wenn er direktes Licht von einem Himmelsstück bekommt, dessen Größe 50 reduzierten Quadratgraden entspricht***).

An den Hygieniker kann nun erstens die Aufgabe herantreten, festzustellen, ob ein Gebäude, von dem nur die Pläne vorliegen, genügend belichtet sein wird, und zweitens, zu untersuchen, ob ein vorhandenes Gebäude ausreichend belichtet ist.

---

*) Die gesamte Himmelshalbkugel enthält rund 20625 Quadratgrade.

**) Bei Besprechung der einzelnen Raumwinkelmesser wird darauf hingewiesen werden, daß diese Berechnung nur angenähert richtig ist.

***) Dies gilt allerdings nur für Lesen und Schreiben und nur unter Zugrundelegung der Cohnschen Minimalforderung. Eine Neubestimmung der Grenzzahlen ist durchaus nötig.

Handelt es sich um ein zu errichtendes Wohngebäude, so verlangen die Bauvorschriften meist eine „genügende Belichtung", ohne anzugeben, was darunter zu verstehen sei. Man darf wohl annehmen, daß ein Wohnraum als ausreichend beleuchtet gelten kann, wenn an jedem Fenster zwei sich gegenüberliegende Plätze von 1 m Tiefe nach den oben ausgeführten Forderungen genügend beleuchtet sind[23]), d. h. wenn das direkte Himmelslicht in 1 m Höhe über dem Fußboden mindestens 1 m weit ins Zimmer fällt, eine Verbindungslinie des oberen Fensterrandes bzw. eines vorspringenden Balkons oder ähnliches mit dem Horizont die Tischfläche also in mindestens 1 m Entfernung vom Fenster schneidet. Bei nicht übermäßig tiefen Zimmern wird dann auch der übrige Teil des Zimmers genügend belichtet sein. Küster[24]) hat für ausreichend belichtete Aufenthaltsräume die Forderung gestellt, daß sie unter Annahme der höchsten zulässigen Bebauung der gegenüberliegenden Baufluchtlinien oder Nachbargrenzen einen solchen Lichteinfall vom Himmel haben sollen, daß die Hälfte der Fußbodenfläche vom Himmelslichte getroffen wird. Dabei werden kleine unbelichtete Einzelflächen bis zu 1 qm Größe als belichtet mitgerechnet.

Die Lichtgrenze ist nach der Formel:

$$L = B \frac{S}{H - F - S}$$

zu ermitteln. Darin ist

L = Tiefe des Lichteinfalls am Fußboden von der Front aus in der Richtung des Lichtstrahls gemessen;
B = Breite der Straße bis zur gegenüberliegenden Bauflucht oder der Hoffläche in der Richtung des Lichtstrahls gemessen;
H = größte zulässige Höhe der Bauflucht oder Grenzbebauung oder Höhe gegenüberstehender Gebäude auf dem Baugrundstück;
F = Fußbodenhöhe über Bürgersteig oder Hoffläche;
S = Sturzhöhe des Fensters über Fußboden.

Der Lichteinfall senkrecht zur Fensterwand ist nach dieser Formel sehr leicht zu berechnen. Man braucht dann nur den so gefundenen Wert mit 2 bzw., was auch noch zulässig sein dürfte, mit 3 zu multiplizieren, um die zulässige Tiefe des Zimmers zu erhalten. Die Breitenausdehnung der belichteten Fläche ist allerdings etwas schwieriger zu bestimmen. Dies muß zeichnerisch geschehen und ist Aufgabe der Baupolizei. Wegen Einzelheiten muß auf die Küstersche Arbeit verwiesen werden.

Andere Vorschläge von Burchard (Gesundheitsingenieur, Jahrg. 46, Heft 15) und von Frühling (Licht und Lampe 1926, Heft 26) suchen den Lichtstrom, der auf die Fensterwand trifft, bzw. den Raumwirkungsgrad dieses Lichtstromes zu berechnen. Die Einzelheiten dieser sehr beachtlichen Verfahren zu beschreiben, würde zu weit führen. Mir scheint auch, daß bei ihnen Voraussetzungen gemacht sind, deren Richtigkeit noch nachzuprüfen ist.

Übrigens sollten die Hygieniker bei Wohnräumen nicht ausschließlich darauf sehen, daß die Beleuchtung ausreichend sei, sondern daß auch die psychische Wirkung des Lichtes auf die Bewohner berücksichtigt werde. Hierfür lassen sich allerdings exakt meßbare Weisungen nicht geben.

Für Krankenanstalten sollten nachstehende Forderungen gelten*):

*) Die Forderungen des Ministerialerlasses vom 30. März 1920 sind unzweckmäßig.

1. Die Tiefe des Zimmers darf höchstens zweimal so groß sein als die Höhe des Fenstersturzes über dem Fußboden.

2. Die horizontale Fläche des Fußbodens muß einen solchen Lichteinfall vom Himmel haben, daß sie mit Ausnahme von kleinen, nicht über je 1 qm großen Flächen völlig vom Himmelslicht getroffen wird.

Am sorgfältigsten muß die Untersuchung bei Schulen durchgeführt werden. Hierfür haben Flügge und F. Gotschlich[25]) nachfolgendes Verfahren vorgeschlagen, das weitgehenden Anforderungen genügt.

Erforderlich sind Aufrisse des Schulgebäudes, welche durch die Fenster gelegt sind, und Höhe und Abstand der den Fenstern gegenüber gelegenen Gebäude, Bäume usw. erkennen lassen. Ist der Horizont bei verschiedenen Fenstern ungleich, so sind für jedes Fenster mit abweichender Horizontlinie besondere Aufrisse nötig. An diesen Aufrissen ist zunächst zu ermitteln, ob die Zimmertiefe nicht mehr als doppelt so groß ist, wie die Fensterhöhe (von der Tischfläche bis zur oberen Fensterkante gerechnet). Ist dies Maß überschritten, so ist der in größerer Tiefe befindliche Teil

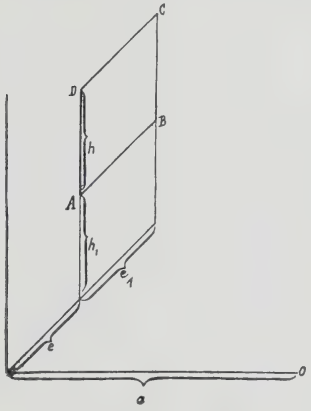


Fig. 17.

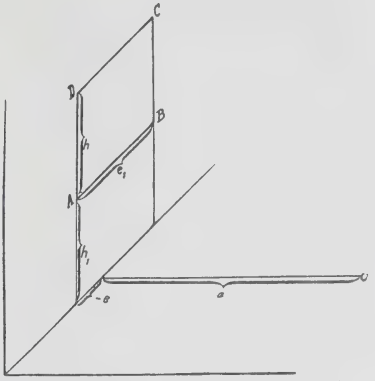


Fig. 18.

(Nach Korff-Petersen u. Wagner, Ztschr. f. Hygiene, Bd. 84.)

des Zimmers für Arbeitsplätze unbenutzbar, da der obere Elevationswinkel kleiner als 27° werden würde. — Sodann ist die Grenze des Himmelslichtes zu ermitteln, indem der höchste Punkt des Horizontes mit dem oberen Fensterrande verbunden, und diese Linie (A E Fig. 16) bis auf die Platte des Arbeitstisches oder deren Verlängerung gezogen wird. Die Plätze, welche vom Fenster noch weiter abliegen als der Schnittpunkt dieser Linie mit dem Arbeitstisch, haben kein direktes Himmelslicht und sind als Arbeitsplätze für Lesen und Schreiben unbedingt zu beanstanden.

Außerdem sind höchstens an hellen Tagen benutzbar die Plätze, welche zwar direktes Himmelslicht, aber weniger als 4° Öffnungswinkel haben. Um die Grenzlinie dieser Plätze zu finden, gehe man etwa um $^1/_5$ des Abstandes zwischen der ermittelten Himmelslichtgrenze und dem Fenster weiter nach dem Fenster zu. Erst die mehr als der so gefundene Punkt dem Fenster genäherten Plätze haben auch an trüben Tagen ausreichendes Tageslicht.

Sollen die Belichtungsverhältnisse eines einzelnen Platzes genauer bestimmt werden, so ist für diesen der Öffnungswinkel und obere Neigungswinkel entsprechend den S. 180 gemachten Ausführungen zu zeichnen und mit einem Transporteur auszumessen.

Dies Verfahren wird in der Regel für die Praxis genügen. Es sind unter anderen von M. von Gruber[26]), Reichenbach[27]), Pleier[28]), sowie von Korff-Petersen und Wagner) noch eingehendere Berechnungsmethoden des zu erwartenden Raumwinkels beschrieben, von denen die nachstehende[29]) mitgeteilt sei, da es zur Eichung der weiterhin zu besprechenden Raumwinkelmesser und bei Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen erwünscht sein kann, über genaue Werte der bei einem Bau zu erwartenden bzw. der vorhandenen Raumwinkel zu verfügen.

Die rechnerische Ermittelung der Größe eines einfachen Raumwinkels eines Platzes O aus

h = der Höhe der lichtgebenden Fensterfläche ABCD (siehe Fig. 17 u. 18)

e_1 = der Breite

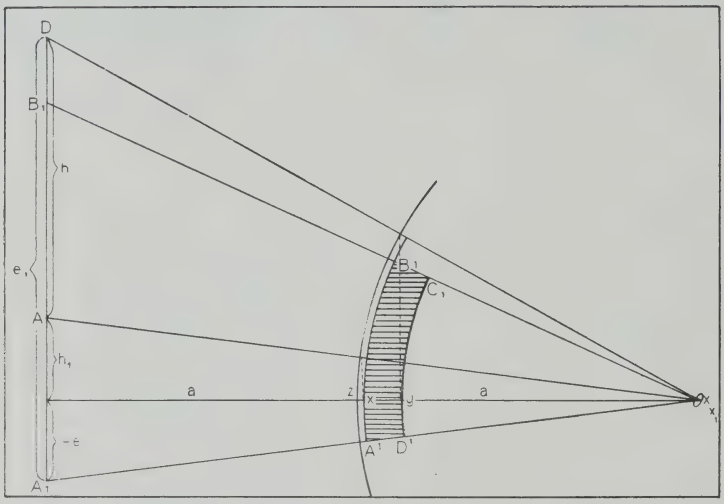


Fig. 19. (Aus Korff-Petersen u. Wagner, Ztschr. f. Hygiene, Bd. 84.)

h_1 = der Höhe der unteren Fensterkante über der durch den Platz O gelegten Horizontalebene

e = der Entfernung der Fensterkante A D von dem Fußpunkt des vom Platz O auf die Fensterwand gefällten Lotes

a = der Länge des Lotes

geschieht nach folgender Formel:

$$R = \tfrac{1}{2}\, r^2 \left[\frac{a}{\sqrt{a^2 + h_1^2}} \left(\operatorname{arc\,tg} \frac{e + e_1}{\sqrt{a^2 + h_1^2}} - \operatorname{arc\,tg} \frac{e}{\sqrt{a^2 + h_1^2}} \right) \right.$$

$$\left. - \frac{a}{\sqrt{a^2 + (h_1 + h)^2}} \left(\operatorname{arc\,tg} \frac{e + e_1}{\sqrt{a^2 + (h_1 + h)^2}} - \operatorname{arc\,tg} \frac{e}{\sqrt{a^2 + (h_1 + h)^2}} \right) \right]$$

In dieser Formel können alle Größen, mit Ausnahme von r, durch unmittelbare Messung (s. Fig. 17) ermittelt werden. Um das R in dieser Formel in reduzierten Quadratgraden ausgedrückt zu erhalten, hat man $r = 57{,}296$ zu setzen.

Die gleiche Formel gilt auch für den in Fig. 18 angenommenen Fall; nur ist dann statt e die negative Entfernung —e in Rechnung zu setzen.

Konstruktive Ermittelung der Raumwinkelgröße.

Zwecks Konstruktion des reduzierten Raumwinkels reduziert man alle Größen auf ein Zehntel. Zunächst trägt man — am besten auf Millimeterpapier — von O aus die Strecke a (s. Fig. 19) und auf dem im Endpunkt dieser Strecke errichteten Lote die Strecken e (bzw. nach der entgegengesetzten Richtung —e und h_1 ab. Von den Endpunkten von e bzw. von h_1 werden sodann die Strecken e_1 bzw. h abgetragen und von O Strahlen an beide Endpunkte der Strecken $h = A\,D$ und $e_1 = A_1\,B_1$ gelegt. Nun beschreibt man um O einen Kreis m mit dem Radius 18,1 cm; dann entspricht 1 qmm einem $^1/_{10}$ reduzierten Quadratgrad. Jetzt fällt man von den Schnittpunkten der Strahlen OA und OD mit dem Kreise m die Lote auf die Gerade a und konstruiert die Ellipsen, welche den zur Geraden a senkrechten Kreisdurchmesser

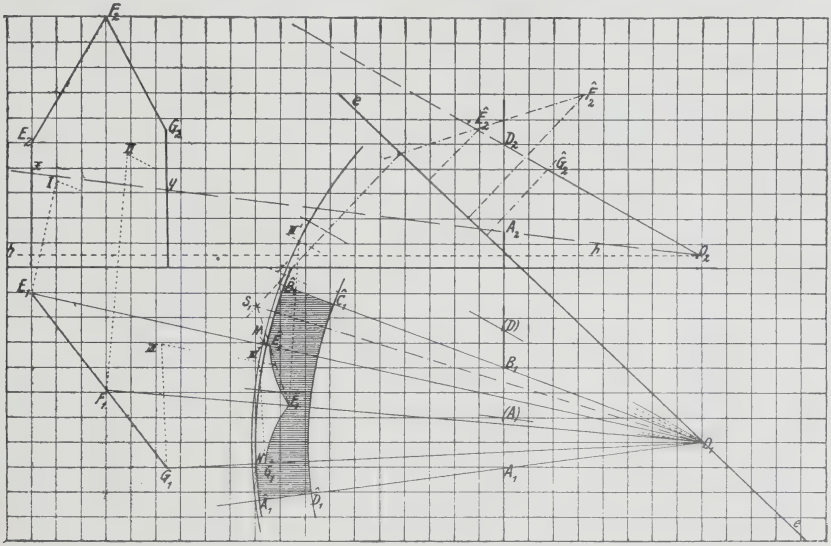


Fig. 20. (Aus Korff-Petersen u. Wagner, Ztschr. f. Hygiene, Bd. 84.)

als große Achse haben und durch die Fußpunkte der Lote x bzw. y gehen. Diese Ellipse erhält man mit genügender Genauigkeit, wenn man a um ein Stück $= 2\,xz$ über O hinaus verlängert und um den so gewonnenen Punkt x_1 den Kreis, der durch x geht, beschreibt. Die durch y gehende Ellipse konstruiert man entsprechend. Das zwischen den beiden Ellipsen und den Strahlen OA_1 und OB_1 liegende Flächenstück ist dann der reduzierte Raumwinkel des Punktes O bezüglich des Fensters A B C D. Die Größe dieses Raumwinkels in reduzierten Quadratgraden wird durch Multiplikation seines in Quadratmillimetern angegebenen Flächeninhaltes mit 0,1 erhalten.

Diese Konstruktion ist in der geschilderten Weise nur dann möglich, wenn man sich den dem Fenster vorgelagerten Horizont als frei denkt. Ist, wie es meist der Fall sein dürfte, ein Teil des Himmels durch gegenüberliegende Gebäude verdeckt, so gestaltet sich die Konstruktion verwickelter. Es seien durch Grund- und Aufriß die Gebäude, die den Himmel zum Teil verdecken, sowie das Fenster und der Punkt O gegeben. Es sei dann (Fig. 20) $E_1\,F_1\,G_1\,A_1\,B_1\,O_1$ der Grundriß, $E_2\,F_2\,G_2\,A_2\,D_2\,O_2$

der Aufriß der in Frage kommenden Punkte. Zunächst konstruiert man nach der oben angegebenen Weise den reduzierten Raumwinkel für das Fenster ABCD. Dann legt man durch O die Horizontalebene H, deren Spur in der Aufrißebene h sei, und die Vertikalebene E mit der Spur e im Grundriß. Von O_1 zieht man die Strahlen nach $E_1\,F_1\,G_1$. In den Endpunkten der Strahlen $O_1\,E_1$, $O_1\,F_1$ und $O_1\,G_1$ errichtet man die Lote und trägt auf ihnen die Entfernung der Punkte $E_2\,F_2$ und G_2 von der Geraden h—h ab. Die so gewonnenen Punkte I, II und III verbindet man mit O_1. Sie schneiden den „Maßkreis" m in I^1, II^1 und III^1. Die Projektion dieser Punkte auf $O_1\,E_1$, $O_1\,F_1$ und $O_1\,G_1$ sind die Grundrisse der Schnittpunkte der Visierstrahlen vom Punkte O nach den Punkten E, F und G der gegenüberliegenden Häuser mit der „Maßkugel": $\hat{E}_1$, $\hat{F}_1$ und $\hat{G}_1$. Nun denken wir uns die Punkte $\hat{E}_1$, $\hat{F}_1$ und $\hat{G}_1$ auf die Ebene E senkrecht projiziert und dann die Ebene E um ihre Schnittlinie ee mit H in die Horizontalebene umgeklappt; dann sind die Abstände der Punkte $\hat{E}_2$, $\hat{F}_2$ und $\hat{G}_2$ von ee gleich $\hat{E}_1\,I_1$ bzw. $\hat{F}_1\,II^5$ bzw. $\hat{G}III_1$. Jetzt zieht man die Gerade $\hat{E}_1\,\hat{F}_1$ nnd ebenso die Gerade $\hat{E}_2\,\hat{F}_2$ und errichtet im Schnittpunkt dieser letzten Geraden mit ee das Lot. Den Schnittpunkt S_1 dieses Lotes mit der Geraden $\hat{E}_1\,\hat{E}_1$ verbindet man mit O_1; dann ist $O_1\,S_1$ die Richtung der großen Achse der Ellipse, auf der $\hat{E}_1$ und $\hat{F}_1$ liegen. Ihre Länge ist gleich dem Kreisdurchmesser. Die Ellipse selbst kann man in der Weise konstruieren, daß man z. B. $\hat{E}_1$ mit den Schnittpunkten der Achse mit dem „Maßkreis" verbindet und diese Geraden durch eine beliebige Senkrechte zur Achse schneidet. Die Schnittpunkte verbindet man mit den Endpunkten der Achse. Dann ist der neue Schnittpunkt ebenfalls ein Punkt der Ellipse. Dieses Verfahren wiederholt man so oft, als zum genauen Zeichnen der Ellipse nötig erscheint. Entsprechend verfährt man bei der Konstruktion des Ellipsenbogens $\hat{F}_1\,\hat{G}_1$. Dann ist die von dem Linienzug $\hat{A}_1\,\hat{D}_1\,\hat{C}_1\,\hat{B}_1\,M\,\hat{E}_1\,\hat{F}_1\,\hat{G}_1\,N\,\hat{A}_1$ begrenzte Fläche — in der Figur dunkel angelegt — der reduzierte Raumwinkel des von O aus sichtbaren Himmelsstückes.

Begutachtung in fertigen Gebäuden[30]).

Man überzeuge sich, ob Plätze vorhanden sind, bei welchen die Entfernung vom Fenster mehr als das Doppelte der Fensterhöhe (von der Platzebene bis zur oberen Fensterkante) beträgt.

Dann bestimme man an verschiedenen Abschnitten des Zimmers mittels eines Taschenspiegels, den man in Tischhöhe gegen das Fenster geneigt in der Hand trägt, und auf den man möglichst senkrecht heruntersieht, die Grenzen des direkten Himmelslichtes. Man geht langsam unter allmählicher stärkerer Neigung des Spiegels vom Fenster zurück, bis das Bild des Himmels im Spiegel verschwindet. Die gefundenen Grenzpunkte werden markiert. Die Verbindung der einzelnen Punkte ergibt die Grenzlinie, bis zu der das direkte Himmelslicht reicht, und zu welcher dauernd besetzte Plätze zulässig sind.

Man messe dann den Abstand dieser Grenzlinie vom Fenster und gehe um $^1/_5$ des Abstandes von der Grenzlinie nach dem Fenster zu. Dies ergibt ungefähr die Grenze, bis zu welcher die nach dem Fenster zu gelegenen Plätze mehr als 4 Grad Öffnungswinkel haben.

Will man diese Grenze genau festlegen, oder sollen die Belichtungsverhältnisse eines bestimmten Platzes genauer bestimmt werden, so kann

man den Öffnungswinkel mit dem in Fig. 21 abgebildeten „Öffnungswinkelmesser“ von F. Gotschlich feststellen.

Der Öffnungswinkelmesser wird mit Hilfe der Stellschrauben und der Wasserwage horizontal auf dem Arbeitsplatz aufgestellt und sodann die Linse einmal auf die obere und einmal auf die untere Begrenzung des sichtbaren Himmelsstückes gerichtet. Dabei wird das Bild auf der weißen Fläche jedesmal durch Verschieben der Linse scharf eingestellt und die Fläche mit der Linse so geneigt, daß das Bild der Begrenzung (im Mittel) mit dem schwarzen Strich auf der weißen Fläche zusammenfällt. Der Unterschied in den Ablesungen am Gradbogen in den beiden Einstellungen ergibt die Größe des Öffnungswinkels, das Mittel aus beiden Einstellungen den mittleren Neigungswinkel. Genauere Werte bekommt man mit dem **Weberschen Raumwinkelmesser** (Fig. 22)[31]).

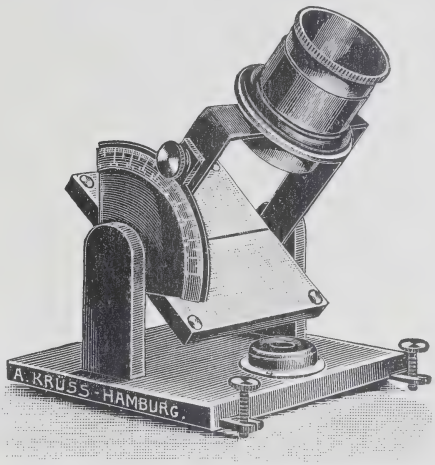


Fig. 21.

Der Zweck des Apparates ist: 1. die Größe des sichtbaren Himmelsstückes auszumessen und 2. den Neigungswinkel zu messen, unter welchem das direkte Himmelslicht auf den Tischplatz fällt.

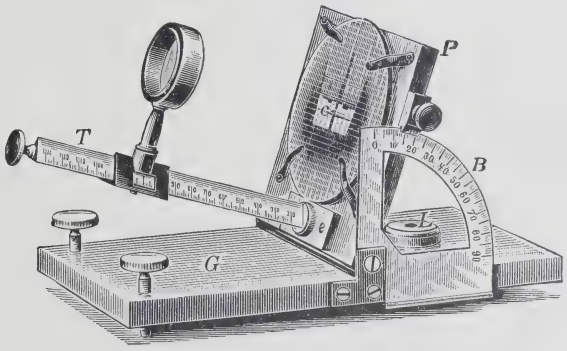


Fig. 22. (Aus Flügge, Grundriß d. Hygiene, 1920.)

Die Größe oder der Raumwinkel jenes Himmelsstückes wird nach Quadratgraden gemessen, der Neigungswinkel nach gewöhnlichen Bogengraden, und das Produkt $\omega = \Omega \sin \alpha$ ist der reduzierte Raumwinkel.

Die Wirkungsweise des Apparates beruht darauf, daß mittels einer Linse ein Bild der Fensteröffnung auf eine in gleiche Quadrate geteilte Papierscheibe entworfen wird. Die Größe der Quadrate ist so bemessen, daß bei einer Bildweite von 11,45 cm ein Quadrat (Seitenlänge 2 mm) genau einem Quadratgrad entspricht; man hat also nur nötig, die Anzahl derjenigen Quadrate zu zählen, welche von dem hellen Himmelsbilde bedeckt werden. Diese Zahl gibt die Größe des zu messenden Raumwinkels

in Quadratgraden an. Es ist dies der nicht reduzierte Raumwinkel Ω. Der Apparat muß so aufgestellt werden, daß das helle Fensterbild symmetrisch zu der durch einen Stift markierten Mitte der Papierscheibe fällt. Die Linie: Linsen-Mitte-Stift gibt dann zugleich den mittleren Neigungswinkel an. Man liest diesen Winkel α an dem Gradbogen B ab.

Bei größeren Fensteröffnungen gibt das Verfahren nicht ganz genaue Ergebnisse. Man mißt dann besser für die einzelnen Teile derselben Ω und α. Alle die hieraus resultierenden Einzelprodukte $\Omega \sin \alpha$ werden addiert und geben den gesamten reduzierten Raumwinkel. Fällt Himmelslicht durch mehrere Fenster auf den Platz, so ist jedes Fenster einzeln zu messen.

Hat man infolge zu großer Nähe des Fensters eine merkliche Verschiebung der Linse aus ihrem normalen Abstande $l_1 = 11{,}46$ cm nötig, um ein scharfes Bild zu bekommen, so korrigiert man die beobachtete Zahl von Quadratgraden im Verhältnis von $l^2 : l_1^2$, wenn l die abgelesene Distanz der Linse ist.

Zur Erleichterung des Auszählens der Quadrate dient es, wenn ein oder mehrere Grenzlinien des Himmelsbildes parallel mit den Linien des Papiers laufen. Deswegen ist das liniierte Papier auf einer drehbaren Scheibe befestigt.

Auf dem zu untersuchenden Tischplatze wird der Apparat so aufgestellt, daß

1. das Grundbrett G mit Hilfe der Fußschrauben unter Kontrolle mittels Libelle L horizontal eingestellt wird,
2. ein scharfes Bild des Fensters auf dem Papier entworfen wird,
3. der Zentrumstift c in die Mitte des hellen Himmelsbildes fällt (nach Schätzung einzustellen durch Drehung der Platte P am Gradbogen B).

Man umfährt mit einem Bleistift die Konturen des hellen Himmelsbildes und zählt die in dem Bilde enthaltenen Quadrate aus. Die Linsendistanz l wird an dem Linsenträger T abgelesen und der Elevationswinkel α an dem Gradbogen mit Hilfe einer Marke.

Nach den Untersuchungen von Cohn muß der so berechnete reduzierte Raumwinkel für einen hygienisch noch brauchbaren Platz mindestens 50 Quadratgrade betragen. Handelt es sich nicht darum, die wirkliche Größe der Raumwinkel zu bestimmen, sondern nur festzustellen, ob der Platz brauchbar ist oder nicht, so verfährt man in der Weise, daß man nur Ω auszählt und aus der nachstehenden Tabelle ersieht, ob die Zahl die dem Neigungswinkel entsprechende Größe hat.

Für einen brauchbaren Arbeitsplatz müssen mit dem Apparate gefunden werden bei:

Neigungs- $< \alpha$	Quadrat-grade	Neigungs- $< \alpha$	Quadrat-grade	Neigungs- $< \alpha$	Quadrat-grade	Neigungs- $< \alpha$	Quadrat-grade
5°	574	15	193	25°	118	40°	78
6°	478	16	181	26°	114	44°	72
7°	410	17	171	27°	110	48°	67
8°	359	18	162	28°	107	50°	65
9°	320	19	154	29°	103	56°	60
10°	288	20	146	30°	100	60°	58
11°	262	21	139	32°	94	65°	55
12°	240	22	134	34°	89	70°	53
13°	222	23	128	36°	85	80°	51
14°	207	24	123	38°	81	90°	50

Der Webersche Raumwinkelmesser gibt für die Praxis vollkommen ausreichende Ergebnisse. Freilich lassen sich gegen ihn einige theoretische Einwände erheben, vor allem der, daß der gefundene Raumwinkel mit dem Sinus des mittleren Neigungswinkels multipliziert wird, während streng genommen jedes Element des Raumwinkels mit dem Sinus des zugehörigen Neigungswinkels multipliziert werden müßte. Dieser Fehler macht sich aber nur bei größeren Raumwinkeln bemerkbar, und schon Weber selbst hat in der ersten Mitteilung über diesen Apparat angegeben, daß man unter solchen Umständen besser tut, den ganzen Raumwinkel in einzelne kleine zu zerlegen. Außerdem ist für die Praxis zu bedenken, daß in der Regel nur an Plätzen mit kleinem Raumwinkel derartige Messungen notwendig werden, da man bei Plätzen mit großem Raumwinkel meistens ohne weiteres sagen kann, daß sie zu Bedenken keinen Anlaß bieten. Außerdem sind die Fehlerquellen dieses Instruments, verglichen mit den individuellen Differenzen der Sehschärfen, die eigentlich jedesmal ein etwas anderes Beleuchtungsstärkeminimum erfordern, so klein, daß sie ruhig vernachlässigt werden können.

Trotzdem also die Verfeinerung dieses Instrumentes praktisch keinen übergroßen Wert hat, sind doch andere Raumwinkelmesser konstruiert worden, bei denen die vorhin erwähnten Fehler ganz vermieden werden.

Himmelsflächenmesser nach Moritz[32]) (Fig. 23).

Ein kleines, mit Fadenkreuz versehenes Fernrohr ist rechtwinklig geknickt und um eine senkrechte und horizontale Achse drehbar. Man kann also, durch das Okular sehend, das Fernrohr so bewegen, daß die ganze Begrenzung der wirksamen Himmelsfläche durch das Fadenkreuz geführt wird.

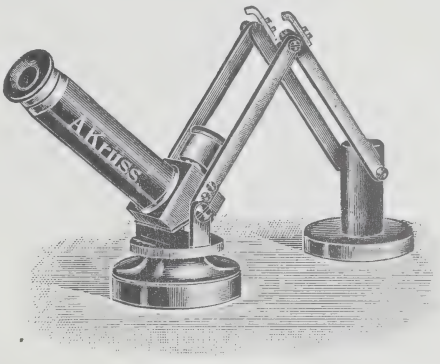


Fig. 23.

Fest mit dem Fernrohr verbunden sind zwei Stäbe, die an ihrem Ende durch ein Gelenk mit zwei weiteren Stäben von derselben Länge verbunden sind, an deren freiem Ende ein Schreibstift in einer Hülse angebracht ist.

Erfaßt man die Schreibhülse mit der Hand und führt sie so, daß die Umgrenzung der lichtgebenden Himmelsfläche durch das Fadenkreuz geführt wird, so verzeichnet der Schreibstift auf der Ebene, auf die der Apparat gestellt wurde, die Projektion des wirksamen Himmelsstückes, wobei die Elevation eines jeden kleinen Flächenstückes berücksichtigt wird. Wird das Instrument auf einen ganz freien, nur vom Horizont begrenzten Platze aufgestellt, so beschreibt der Schreibstift einen Kreis mit einem Flächeninhalt von 1000 qcm. Die dieser Flächengröße entsprechende Lichtmenge nennt Moritz die erreichbare Helligkeit des Platzes und bezeichnet sie mit 1000 E.

Zeichnet man nun auf ein in Quadratmillimeter geteiltes Papier die Projektionsfigur der für einen Platz wirksamen Himmelsfläche und zählt sie nach Quadratzentimetern aus, wozu man sich eines Planimeters be-

dienen kann, so erhält man die für den betreffenden Platz vorhandene Beleuchtungsstärke in Tausendstel der erreichbaren Helligkeit. Der Platz ist ausreichend belichtet, wenn wenigstens 5 E gefunden werden. — 1 qcm entspricht bei diesem Verfahren 10,313 reduzierten Quadratgraden. Durch Multiplikation der gefundenen Quadratzentimeter mit dieser Zahl erhält man also den reduzierten Raumwinkel des Platzes in Quadratgraden.

Der Moritzsche Raumwinkelmesser ist von L. Weber so abgeändert worden, daß damit auch die Lichtgüte eines Fensters bestimmt werden kann. Mit Hilfe der Lichtgüte, worunter Weber den in Prozent der halben vollkommenen Beleuchtung ausgedrückten Wert der tatsächlichen Beleuchtung einer Fensterfläche versteht, läßt sich der ins Zimmer hineinflutende Lichtstrom bestimmen. Diese Art der Bewertung der Belichtung hat bisher in der Hygiene wenig Eingang gefunden, da vorläufig die Unterlagen zu gering sind. Es muß daher auf die Originalarbeiten, Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1903, Mai, verwiesen werden.

Raumwinkelmesser nach Pleier[33]).

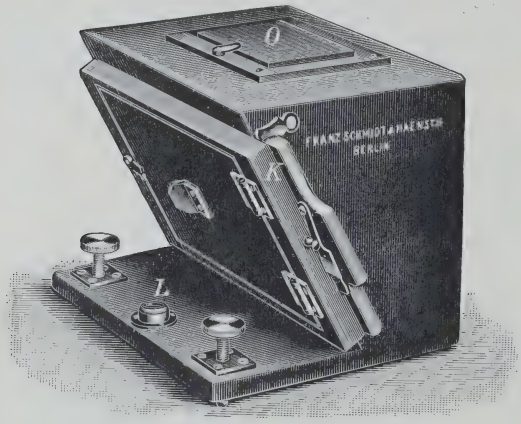


Fig. 24.

Bei diesem Apparate (Fig. 24) wird das Himmelsstück mit einer einfachen Lochkamera aufgenommen. Unmittelbar vor der Platte befindet sich eine Netzteilung, die so gezeichnet ist, daß die einzelnen Teile des Netzes je ¼ reduziertem Quadratgrad entsprechen.

Der Apparat ist zunächst durch die an der Bodenfläche angebrachten Stellschrauben und vermittels einer daselbst befindlichen Libelle auf den zu untersuchenden Platz genau horizontal zu stellen. Hierauf kontrolliert man das auf dem Deckel der zunächst noch geschlossenen Kassette erscheinende Bildchen durch eine an der Oberseite befindliche Öffnung O, unter Verwendung eines Einstelltuches. Eine solche Kontrolle ist besonders notwendig, wenn es sich um die Aufnahme einer ganzen Fensterwand handelt.

Darauf erfolgt Belichtung. Öffnung O schließen, Schieber herausziehen, Objektivöffnung frei machen! Die Expositionsdauer beträgt bei hochempfindlichen Trockenplatten 1—2 Minuten bei trübem Himmel.

Die Entwicklung der Platte, die Fixierung und schließlich das Kopieren auf Papier erfolgt nach dem üblichen Verfahren.

Bei dieser Methode, die nach Versuchen von Korff-Petersen und Wagner die genauesten Ergebnisse liefert, ist das Auszählen der Quadratgrade, das hier nicht mit dem Planimeter gemacht werden kann, sehr mühsam. Ebenso wird die Anwendbarkeit durch die Unbequemlichkeiten des Photographierens sehr beeinträchtigt.

Alle Apparate zur Raumwinkelbestimmung sind vor ihrer erstmaligen Benutzung auf ihre Zuverlässigkeit zu prüfen und gegebenenfalls zu

justieren. Dies geschieht, indem ein vorher durch Konstruktion genau ermittelter Raumwinkel mit dem Apparat aufgenommen wird.

Die bisher besprochenen Methoden geben natürlich nur ein Maß für das lichtspendende Himmelsstück. Das reflektierte Licht, welches besonders für die weiter vom Fenster entfernten Plätze sehr wichtig ist, bleibt ganz außer Betracht.

Um auch dieses zu berücksichtigen, hat L. Weber durch gleichzeitige Bestimmung der Beleuchtung eines Platzes und der Himmelshelligkeit mittels je eines Photometers ein für die Lichtgüte des betreffenden Platzes charakteristisches, nach seiner Annahme konstantes Verhältnis, den „Tageslichtquotienten", festzustellen gesucht. Wegen der Umständlichkeit des Verfahrens hat die Methode in dieser Form keine Aufnahme gefunden. Auf derselben Überlegung beruht das

Verfahren von Thorner[34]).

Die Grundsätze des Verfahrens sind folgende:

Das Verhältnis der Flächenhelligkeit des beleuchtenden Himmelsstückes zu der des Arbeitsplatzes bietet ein Maß für die Lichtgüte des

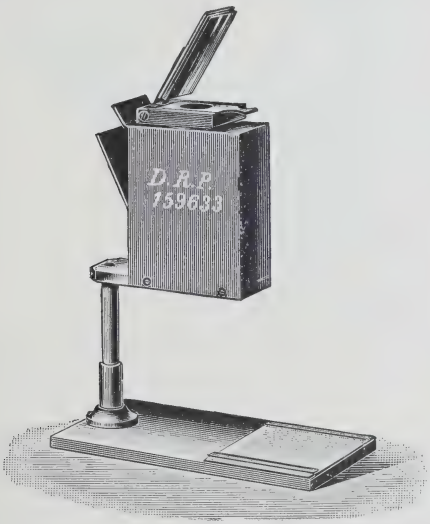


Fig. 25.

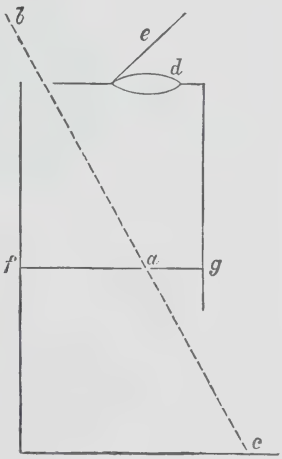


Fig. 26.

(Aus Flügge, Grundriß d. Hygiene, 1920.)

Platzes. Dieses Verhältnis ist in weiten Grenzen konstant. Es ist abhängig von drei unveränderlichen Größen: 1. der Größe des lichtgebenden Himmelsstückes, 2. von dessen Elevation, 3. von der Größe des reflektierten Lichtes. Die stark schwankende Helligkeit des Himmels beeinflußt Zähler und Nenner dieser Proportion nach Thorners Annahme ungefähr gleichmäßig.

Diese Annahme ist nach meinen Untersuchungen (Zeitschr. f. Hyg. 1922, Bd. 98, S. 415ff.) nur bei bedecktem Himmel einigermaßen zutreffend. Berücksichtigt man aber die Vorschrift, daß die Bestimmung mit dem Thornerschen Instrument am besten bei gleichmäßig trübem Wetter stattzufinden habe, bei gleichmäßig klarem Himmel dagegen nur dann, wenn die Sonne weder in das Zimmer scheint, noch gegenüberliegende Gebäude

beleuchtet werden, noch viel Schnee vor den Fenstern liegt, weil sonst das Resultat zu günstig ausfallen würde, so erhält man mit dem Instrument mit größter Leichtigkeit Anhaltspunkte, um die zur dauernden Benutzung ungeeigneten Arbeitsplätze herauszufinden.

Die Einrichtung des Instruments ist folgende: In einem allseitig geschlossenen Kästchen (Fig. 25—26) befindet sich eine Papierfläche *f g* mit einer feinen Öffnung *a*. Mittels einer Konvexlinse *d* von gegebener Apertur und des Planspiegels *e*, welcher sich sowohl um eine horizontale wie um eine vertikale Achse frei drehen läßt, wird auf der Papierfläche ein Bild des Himmelsstückes entworfen. In *c* befindet sich eine zweite Papierfläche, welche auf dem zu untersuchenden Platze aufliegt und somit die Beleuchtung des Platzes empfängt. Der Beobachter blickt in der Richtung der punktierten Linie von *b* aus auf die Papierfläche *f g* mit ihrer Öffnung *a* hin und dreht den kleinen Planspiegel so, daß ein Teil der Himmelsfläche in der Umgebung der Öffnung *a* abgebildet wird. Das Bild, das sich dann auf der Papierfläche *f g* zeigt, ist in den Fig. 27 und 28 dargestellt. Ist die kleine Öffnung heller oder ebenso hell wie das Himmelsbild, so ist der Platz brauchbar (Fig. 28), ist sie dunkler, so hat er nicht das vorgeschriebene Maß der durchschnittlichen Beleuchtung (Fig. 27). Nach Thorners Angabe entspricht bei einer vor die Linse

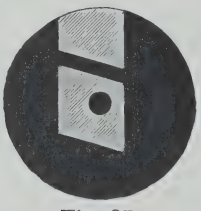


Fig. 27.

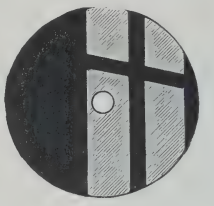


Fig. 28.

(Aus Flügge, Grundriß d. Hygiene, 1920.)

gesetzten Blende von F/6 die Helligkeit des Himmelsbildes den Cohnschen Anforderungen. Dies bedarf jedoch noch weiterer Untersuchungen.

Zur Bestimmung eines Platzes stelle man stets das Instrument so auf, daß man in derselben Richtung auf die Papierfläche *c* sieht, wie der Platz beim Schreiben in Anspruch genommen wird, da es einen Unterschied ausmacht, ob das Licht gegenüber oder seitlich von der schreibenden Person einfällt.

Sind mehrere Fenster vorhanden, so soll stets in demjenigen der Himmel eingestellt werden, in welchem er am meisten zu der Beleuchtung des betreffenden Platzes beiträgt.

Hat der Himmel in seinen Teilen verschiedene Helligkeit, so bemühe man sich, möglichst einen Teil von mittlerer Helligkeit in der Umgebung der Öffnung *a* zur Abbildung zu bringen.

Der Thornersche Beleuchtungsprüfer ist wegen seiner Handlichkeit, der leichten Ausführbarkeit der Beobachtung und seines verhältnismäßig billigen Preises für orientierende Untersuchungen, besonders für den Schul- und Gewerbehygieniker sehr gut verwendbar. Für genauere zahlenmäßige Messungen, die zur Klärung mancher noch strittiger Fragen über das Verhältnis der Platzhelligkeit zur Himmelshelligkeit sehr erwünscht wären, ist das Instrument dagegen nicht brauchbar. Für diese Zwecke hat L. Weber unter Verwendung des Thorner schen Prinzips einen besonderen Meßapparat angegeben:

Das Relativphotometer[35]).

Das Instrument besteht aus einem in der Fig. 29 links gezeichneten Gehäuse, das mit einer mattgeschliffenen Milchglasscheibe abgedeckt ist. Das Gehäuse ist in jeder Richtung drehbar. Man bringt die Milchglasplatte in diejenige Ebene, um deren Beleuchtungsstärke es sich handelt. Vom rechts gelegenen Okularende aus sieht man mittels eines im Gehäuse unter 45° liegenden Spiegels S (Fig. 30) durch ein in Gipsplatte G befindliches scharf gerandetes Loch. Rund um dieses Loch entwirft die Linse L ein Bild derjenigen Himmelsstelle, deren Flächenhelligkeit mit der Beleuchtungsstärke der Milchglasplatte verglichen werden soll. Zu diesem Zwecke ist der ganze Haupttubus um seine Längsachse drehbar und festklemmbar. Eine vor der Linse befindliche Irisblende dunkelt die Helligkeit des Himmelsbildes nach Bedarf ab. Man stellt so ein, daß die Kreisfläche des Loches gleiche Helligkeit mit der Umgebung hat. Zum bequemeren

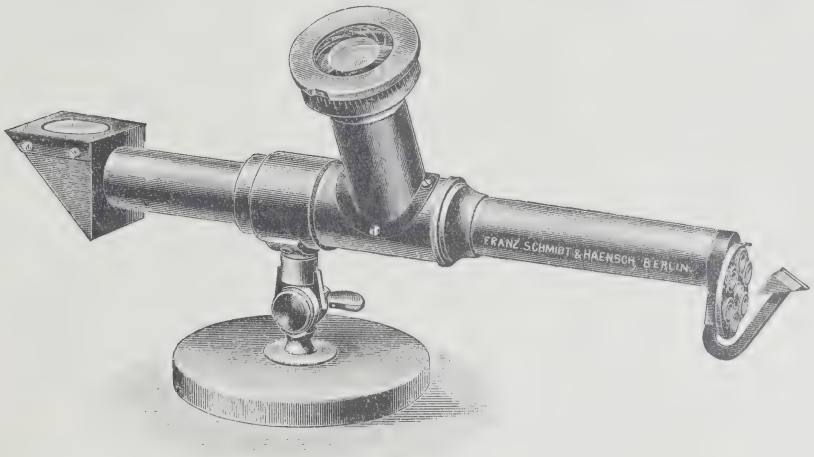


Fig. 29. (Fig. 29 u. 30 aus Katalog Schmidt & Haensch.)

Beobachten ist ein Reflektionsprisma P vorzuschlagen, und eine Revolverscheibe mit konkaven und konvexen Gläsern erleichtert die Akkomodation. Für jeden Apparat muß eine Eichtabelle oder -kurve beigegeben sein, die es gestattet, für jede abgelesene Blendenöffnung einen zugehörigen Wert abzulesen, der dem Verhältnis der Himmelshelligkeit zur Platzhelligkeit entspricht. Weber hat als kleinsten zulässigen Wert für dies Verhältnis 0,005 vorgeschlagen (Tageslichtquotient).

Wenn man mit Sicherheit annehmen könnte, daß das Verhältnis von Platz- zu Himmelshelligkeit bei den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten immer gleich bliebe, so hätte man in diesem „Tageslichtquotienten" den besten Ausdruck für die Belichtungsgüte eines Platzes. Die durchschnittliche Größe der Himmelshelligkeit ist aus Messungen, die L. Weber jahrzehntelang durchgeführt hat, für unsere Breiten einigermaßen bekannt. Die durch die Himmelshelligkeit hervorgerufene Beleuchtungsstärke auf einer horizontalen Fläche im Freien läßt sich für die verschiedenen Jahres- und Tageszeiten aus nachstehenden Kurven (Fig. 31) angenähert entnehmen. Mit Hilfe dieser Kurven läßt sich dann unter Zugrundelegung eines kleinsten Tageslichtquotienten von 0,005 berechnen, zu welchen Zeiten die Belich-

tung eines Arbeitsplatzes durch künstliches Licht ergänzt werden muß. Verlangen wir als Mindestmaß der Beleuchtung 25 Lx, so muß die Außenbeleuchtung 5000 Lx oder mehr sein. Aus den Kurven ergibt sich, daß dies z. B. im Dezember von $9\frac{1}{2}$ Uhr vormittags bis $2^1/_2$ Uhr nachmittags der Fall ist. Vor und nach dieser Zeit muß also der Platz künstlich beleuchtet werden. Im Juni sind die entsprechenden Zahlen $5\frac{3}{4}$ Uhr vormittags und $6^1/_4$ Uhr nachmittags.

Umgekehrt kann man, wenn der Tageslichtquotient eines Platzes bekannt ist, durch Multiplikation mit den aus den Kurven zu entnehmenden Mittelwerten der Außenbeleuchtung die Platzbeleuchtung berechnen (vgl. H. Lux, in Bloch, „Lichttechnik", München-Berlin 1921, S. 396). Die Voraussetzung, daß das Verhältnis von Himmelshelligkeit zur Platzbeleuchtung konstant sei, trifft aber mit hinreichender Genauigkeit nur zu für Plätze mit verhältnismäßig großem Raumwinkel. Für die Praxis wird man daher vorläufig auf die Raumwinkelmessung nicht verzichten können. Es wäre aber wünschenswert, daß festgestellt wird, in welchen Grenzen bei ver-

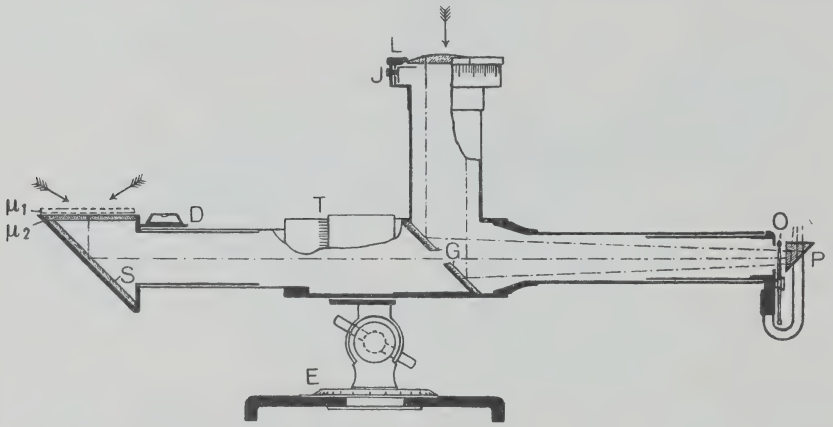


Fig. 30.

schieden großen Raumwinkeln die wechselnde Himmelshelligkeit und die Schwankungen der meteorologischen Verhältnisse das reflektierte Licht beeinflussen. Auf diese Weise dürfte ein Grenzwert auffindbar sein, unter den der Raumwinkel nicht hinabgehen darf, ohne daß Gefahr besteht, daß unter ungünstigen Reflektionsverhältnissen das Licht sich als unzureichend erweist.

D. Grundsätze für die Begutachtung der Beleuchtung [36]).

1. Wohnräume: A. Tageslicht. Bei Zimmern von nicht mehr als 5 m Tiefe soll das direkte Himmelslicht in 1 m Höhe über dem Fußboden mindestens 1 m weit ins Zimmer fallen.

Bei Plänen stellt man dies fest, indem man entweder den oberen Rand des Fensters mit dem Horizont durch eine Linie verbindet und feststellt, in welcher Entfernung vom Fenster diese Linie die Tischfläche schneidet, oder man berechnet mit Hilfe der Küsterschen Formel, ein wie großer Teil des Fußbodens direktes Himmelslicht bekommt (vgl. S. 182).

In fertigen Räumen stellt man mit der Taschenspiegelmethode (vgl. S. 186) fest, ob das Himmelslicht in Tischhöhe mindestens 1 m weit ins Zimmer fällt.

B. Künstliche Beleuchtung. Es ist darauf zu achten, daß an den Arbeitsplätzen eine Beleuchtung von mindestens 25 Lx herrscht, wobei die Lichtquelle so angeordnet sein muß, daß keine Blendung hervorgerufen wird. Nach Möglichkeit soll im übrigen Raum in 1 m Höhe eine mittlere Beleuchtung von 5—10 Lx vorhanden sein.

2. Krankenhäuser: A. Tageslicht. Die zu stellenden Anforderungen sind S. 182 eingehend dargelegt. Prüfung auf Plänen mit Hilfe der Küsterschen Formel, in fertigen Anlagen, Taschenspiegelmethode.

B. Künstliche Beleuchtung. Es genügt eine Allgemeinbeleuchtung, die eine mittlere Beleuchtung von etwa 3 Lx hervorruft. Die Lichtquellen müssen so angeordnet sein, daß die Kranken nicht unmittelbar

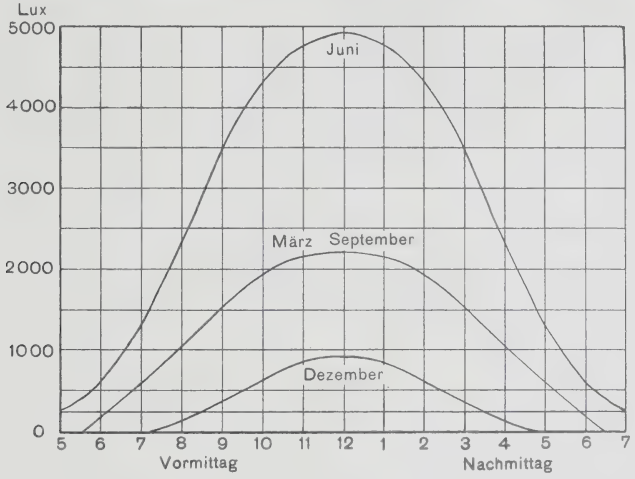


Fig. 31. (Aus Bloch, Lichttechnik.)

hineinsehen können. Am zweckmäßigsten erscheint halbindirekte Beleuchtung.

3. Schulen: A. Tageslicht. Lichteinfall nur von der linken Seite der Schüler. Jeder Platz soll 1. direktes Himmelslicht, 2. einen Öffnungswinkel von mindestens 4° bzw. einen Raumwinkel von mindestens 50 reduzierten Quadratgraden, 3. einen oberen Neigungswinkel von mindestens 27° haben. Die Fensterfläche soll mindestens $^1/_5$ der Fußbodenfläche sein.

Die Prüfung von Plänen erfolgt nach den S. 183, die von fertigen Anlagen nach den S. 186 gemachten Angaben.

B. Künstliche Beleuchtung. Direkte und indirekte Beleuchtung ist zu vermeiden. Die erste erzeugt störende, sich überkreuzende Schatten, die zweite hebt den Richtungssinn des Lichtes gänzlich auf, so daß infolge des völligen Fehlens von Schatten das Sehen körperlicher Dinge sehr erschwert und z. B. Zirkelzeichnen fast unmöglich wird. Auch die halbindirekte Beleuchtung beseitigt die Mängel nicht ganz, da sie noch einen ausgesprochenen Richtungssinn des Lichtes bedingt und infolgedessen bei Vorhandensein von zwei symmetrisch im Raume aufgehängten Lampenreihen bei der Hälfte der Schüler ein falscher Schattenfall eintritt. Dies wird

ziemlich weitgehend beseitigt, wenn die Lampenreihen nach der Fensterseite zu verschoben werden. — An den einzelnen Plätzen sollen möglichst 40—50, mindestens aber 25 Lx vorhanden sein. Unter allen Umständen muß durch genügend hohes Aufhängen oder durch Abschirmen der Lampen eine Blendung der Schüler vermieden werden.

4. In Schreibstuben u. ä. sollten hinsichtlich des Tageslichtes nach Möglichkeit dieselben Grundsätze wie in Schulen zur Anwendung kommen, wenn auch die Anforderungen hier nicht so streng genommen zu werden brauchen.

Die künstliche Beleuchtung wird zweckmäßigerweise als Allgemeinbeleuchtung durch diffus-strahlende, direkte oder halbindirekte Lichtquellen ausgebildet. Die mittlere Beleuchtung soll 35—40 Lx betragen. Dazu muß an den einzelnen Arbeitsplätzen eine Zusatzbeleuchtung kommen, so daß dort eine Platzbeleuchtung von 40—50 Lx herrscht.

5. Werkstätten und Fabriken: Allgemeingültige Regeln lassen sich kaum aufstellen, da die Raum- und Arbeitsverhältnisse und die Anforderung an die Mindestbeleuchtung in den einzelnen Betrieben zu verschieden sind. Zu beachten ist, daß die Allgemeinbeleuchtung so ausgiebig sein muß, daß jedenfalls Maschinen, Transmissionen und gefährliche Steilen leicht erkannt werden können. Die Verteilung der Lampen muß derartig sein, daß eine möglichst gleichmäßige Lichtverteilung entsteht, insbesondere störende Schatten vermieden werden. Die Lichtquellen müssen so aufgehängt oder abgeblendet werden, daß die Arbeiter nicht durch Blendung belästigt oder gefährdet werden. Die für die einzelnen Gewerbe nötige Beleuchtungsstärke s. Tab. S. 159. Es muß an Gängen, Treppen und gefährlichen Stellen eine von der Hauptbeleuchtung unabhängige Notbeleuchtung vorhanden sein.

Als Grundlage für eine gesetzliche Regelung der Beleuchtungsfrage hat die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft nachstehende Leitsätze aufgestellt.

Die Anlagen und Einrichtungen der Gebäude mit natürlichem und künstlichem Lichte müssen den Forderungen der Zweckmäßigkeit, Gesundheit, Wirtschaftlichkeit und Schönheit entsprechen.

I. Zweckmäßigkeit. 1. Jeder zu beleuchtende Raum muß eine seinem Zwecke angemessene Beleuchtung erhalten. Man unterscheidet: Allgemeinbeleuchtung und Platzbeleuchtung.

Die Allgemeinbeleuchtung dient entweder als Verkehrsbeleuchtung oder als Zusatzbeleuchtung in Räumen aller Art neben Platzbeleuchtung oder als Arbeitsbeleuchtung.

Die Platzbeleuchtung ist stets Arbeitsbeleuchtung.

Die empfangene Beleuchtung soll mindestens betragen:

A. Bei Allgemeinbeleuchtung, soweit sie als Verkehrsbeleuchtung dient, als mittlere Beleuchtung der horizontalen Fläche in 1 m Höhe:

a) in Räumen von untergeordneter Bedeutung etwa . . 1 Lux
b) auf Vorplätzen, in Treppenhäusern u. dgl. . . . . 5 „
c) in Aufenthalts- und Arbeitsräumen für zahlreiche Personen . . . . . 10 „

B. Bei Arbeits- und Platzbeleuchtung als mittlere Beleuchtung der Arbeitsfläche an der Arbeitsstelle:

d) für grobe Arbeiten . . . . . 10 Lux
e) für Schreiben und Lesen . . . . . 25 „
f) für Zeichnen, Stricken, Uhrmacher- und Feinmechaniker-arbeiten . . . . . 50 „

Diese Zahlen sind als äußerstes Minimum für eine Übergangszeit anzusehen. Praktisch müssen sie wesentlich überschritten werden.

Bei der Bearbeitung dunkler Stoffe wird eine wesentlich stärkere Beleuchtung gebraucht als bei hellen Stoffen.

Die Beleuchtungseinrichtungen (Fenster, Lampen und deren Zubehörteile, wie Glocken, Reflektoren usw.) dürfen durch Staubanhäufung oder durch Ausbrennen der Lampen, Glühkörper usw. keine solche Einbuße erleiden, daß die Beleuchtungsstärken unter die hier geforderten Werte herabsinken.

2. Die Allgemeinbeleuchtung darf weder vollkommen zerstreut (schattenlos) sein, noch dürfen störende Schlagschatten auf dem Fußboden, den Wänden und den im Raume befindlichen Gegenständen entstehen.

3. Es ist darauf zu achten, daß die Arbeitsfläche von Stelle zu Stelle keine störenden Beleuchtungsunterschiede aufweisen darf; ebenso dürfen zeitliche Beleuchtungsschwankungen nicht belästigen.

4. Beim Entwurfe von Beleuchtungsanlagen ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß schroffe Unterschiede in der Beleuchtung aneinanderstoßender Räume nach Möglichkeit auszugleichen sind.

5. Bei ausschließlich natürlicher Beleuchtung darf der Tageslichtquotient, d. i. das Verhältnis der bei Tageslicht vorhandenen Beleuchtung zu der Beleuchtung, die von der freien Himmelskugel erzeugt würde, nicht unter 0,5% betragen.

6. Die Anlagen zur Verteilung des Lichtes müssen sich in den Plan des Gebäudes einführen.

7. Bei der Errichtung wichtiger Gebäude, bei denen es auf eine gute Beleuchtung ankommt, ist die Beiziehung eines Beleuchtungstechnikers schon bei der Aufstellung des Bauplanes zu empfehlen.

II. Gesundheitsrücksichten. 1. Die Augen sind vor Blendung durch direktes und reflektiertes Licht zu schützen.

2. Die zur Beleuchtung von Arbeitsplätzen dienenden Einzellampen müssen abgeschirmt werden, wenn ihre Flächenhelle größer als 0,75 HK/cm² ist.

3. Zur allgemeinen Raumbeleuchtung dürfen auch Lichtquellen von höherer Flächenhelle benutzt werden. Die Flächenhelle darf aber 5 HK/cm² nicht übersteigen, wenn die Lichtquellen so angebracht sind, daß der Winkel des Sehstrahles gegen die wagerechte Ebene weniger als 30° beträgt; anderenfalls sind auch diese Lichtquellen abzuschirmen oder in lichtstreuende Hüllen einzuschließen.

4. Einer schädlichen Ansammlung von Abgasen und einer störenden Wärmeentwicklung durch Lichtquellen soll durch Ventilation der Räume vorgebeugt werden.

III. Wirtschaftlichkeit. Sofern die unter Berücksichtigung der Punkte I und II vorgeschlagenen Beleuchtungsanlagen auf verschiedene Weise verwirklicht werden können, ist nach Durchrechnung jeder einzelnen Möglichkeit die wirtschaftlichste Ausführungsart zu wählen.

IV. Schönheit. Die Einrichtungen zur Beleuchtung eines Raumes sind unter Berücksichtigung auf dessen künstlerische Ausstattung an-

zubringen, doch dürfen notwendige lichttechnische Forderungen niemals zugunsten künstlerischer Ausstattung vernachlässigt werden. Bei der Einrichtung einer Beleuchtungsanlage in öffentlichen Gebäuden ist ein künstlerischer Bausachverständiger zuzuziehen.

Literaturverzeichnis.

1) S. hierzu: Uppenborn-Monasch, Handbuch der Photometrie (München 1912). — Liebenthal, Praktische Photometrie (Braunschweig 1907). — Grimsehl, Lehrbuch der Physik (Leipzig-Berlin 1920). — Reichenbach, Beleuchtung in Weyls Handb. d. Hyg., Bd. 4 (Leipzig).
2) O. Lummer und E. Brodhun, Ersatz des Photometerfettfleckes durch eine rein optische Vorrichtung 1889. Z. f. Instrumentenkunde 9, S. 23, 41.
3) American Journ. of Sciences 46, 173 (1893).
4) Stuhr, Über die Bestimmung des Äquivalenzwertes verschiedenfarbiger Lichtquellen. Diss. Kiel 1908.
5) Wied. 1877, Anh. 2, 547.
6) Schill, Journal f. Gasbeleuchtung 47 (1904), S. 917.
7) Studie über Licht und Luft des Hochgebirges. Braunschweig 1911, S. 11.
8) Phot. Mitt. 1891, 28. Jahrg., Heft 1.
9) Arch. d. Ver. d. Fr. d. Nat. in Mecklenburg 1900, 54. Jahrg., S. 365.
10) Dorno, in Handbuch der gesamten Strahlenbiologie und Therapie.
11) Lux, The illuminating engineer, Vol. III (1910), p. 184.
12) The Electrician, Vol. 66, (1910), p. 86.
13) Physikal. Zeitschr. 13, (1912) S. 832.
14) Voege, Journ. f. Gasbel. und Wasserversorgung, Jahrg. 54 (1911), S. 295.
15) Reichenbach, A. f. Hyg., Bd. 33.
16) Rubner, A. f. Hyg., Bd. 23.
17) Ders., A. f. Hyg., Bd. 33.
18) Lux, Zeitschr. f. Beleuchtungswesen 1920, Bd. 26, S. 128.
19) Z. f. Hyg. u. Infektkr. 1915, Bd. 79, S. 525.
20) Vierteljahrsschrift f. öffentl. Ges. Pfl. 1884, S. 416.
21) Ges. Ing. 1904, Jahrg. 24.
22) Dinglers Polytechn. Journ., Bd. 259.
23) Korff-Petersen, Die Volkswohnung 1920, 2. Jahrg., S. 209 ff.
24) Küster, Die Belichtung von Aufenthaltsräumen in den Bauordnungen. Techn. Gemeindeblatt, Berlin 1908.
25) F. Gotschlich, Klinisches Jahrbuch 1904, Bd. 12, S. 228.
26) Gruber, Bericht über den VI. Int. Kongreß f. Hyg. u. Dem, Wien 1887. Anhang zu Thema IX, S. 85 ff.
27) Reichenbach, Klin. Jahrbuch 14 (1905).
28) Pleier, Zeitschr. f. Schulges. 22 (1909), S. 17.
29) Korff-Petersen und Wagner, Zeitschr. f. Hyg. u. Inf. 84 (1917), S. 227.
30) Klin. Jahrbuch, Bd. 12, S. 229.
31) Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1884, Bd. 4, S. 343.
32) Moritz, Klin. Jahrbuch 1905, Bd. 14, S. 95 ff.
33) Pleier, Zeitschr. f. Österr. Ingenieur- u. Architektenverein 1908, Nr. 2.
34) Thorner, Hygienische Rundschau 1904, Bd. 14, S. 871.
35) Weber, Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein. Bd. 15, Heft 1.
36) S. hierzu, H. Lux in Bloch: Lichttechnik (München-Berlin 1921) 11. u. 12. Abschnitt.

Lüftung.

Von

Prof. **A. Korff-Petersen** (†) und Dr. **W. Liese.**

(Bearbeitet von Dr. W. Liese, Berlin.)

Mit 12 Abbildungen im Text.

A. Einleitung.

Beschäftigung und klimatische Verhältnisse zwingen den Menschen, einen großen Teil seines Lebens in geschlossenen Räumen zu verbringen. Die Räumlichkeiten müssen daher Einrichtungen haben, die einmal das Wohlbefinden des Menschen von den klimatischen Einflüssen gerade unserer Gegenden möglichst unabhängig machen und zum anderen aber auch mit Einrichtungen versehen sein, die die Luftbeschaffenheit so gestalten, daß sie der reinen und guten Außenluft möglichst gleichkommt. So sehr man darauf bedacht ist, unsere Wohnungen mit ausreichenden Heizeinrichtungen für die kalte Jahreszeit zu versehen, ebensowenig wird häufig auch heute noch daran gedacht, durch geeignete Vorrichtungen eine ausreichende Lüftung der Räume von vornherein sicherzustellen. Das ist sonderbar, zumal doch die Luft ein integrierender Bestandteil unseres Lebensprozesses ist. Dieselbe verbrauchte Luft z. B. in Gastwirtschaften, Kinos, Schulzimmern, Hörsälen, Wohn- und Schlafräumen immer wieder zu veratmen, ist mindestens ebenso unhygienisch wie gebrauchtes und verschmutztes Wasser mehrmals zu verwenden. Wenn das erstere doch so oft geschieht, wird es nur dadurch einigermaßen verständlich, daß die Luftverschlechterungen in ihren Anfangsstadien weniger sinnfällig sind. Um sich ein Bild davon zu machen, wie die Luft bewohnter Räume allein durch den Lebensprozeß des Menschen verschlechtert wird, sei darauf hingewiesen, daß gegenüber der Einatmungsluft in der Ausatmungsluft die Sauerstoffabnahme etwa $^1/_5$ und die Kohlensäurezunahme mehr als 100fach beträgt. In 24 Stunden veratmet ein erwachsener Mensch etwa 9—10 cbm Luft. Durch die Lebenstätigkeit des Menschen entstehen neben der Veränderung der stofflichen Zusammensetzung der Luft aber noch Änderungen in ihren Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnissen. Die stündliche mittlere Kohlensäureabgabe eines Menschen beträgt für den Erwachsenen 0,02—0,025 cbm, für das Kind 0,01 cbm. Die durchschnittliche Wärmeabgabe beträgt für einen erwachsenen Menschen in Ruhe etwa 100 WE pro Stunde, bei Arbeit etwa 120—150 WE und darüber. Auf den Tag berechnet, kann man bei einem erwachsenen Menschen die durchschnittliche Wärmeabgabe mit etwa 3000 WE ansetzen. Die bedeutsamste Wärmeabgabe des Menschen geschieht durch die Haut und je nach besonderen Verhältnissen in verschiedenen großen Anteilen durch Leitung, Strahlung und Wasserverdunstung. Hinzu kommt, daß die Ausatmungsluft des Menschen mit Wasserdampf gesättigt ist. Im Durchschnitt wird $^1/_3$ der Ge-

samtwasserdampfabgabe durch die Lunge und $^2/_3$ von der Hautoberfläche aus bewerkstelligt. Bei normaler Raumtemperatur gibt ein erwachsener Mensch in Ruhe pro Stunde etwa 0,04 kg Wasserdampf ab, bei körperlicher Arbeit die doppelte Menge und mehr; das Kind die Hälfte, also etwa 0,02 kg pro Stunde.

Es bedarf in der Regel nun jedoch nicht einer Lüftung, um den durch die Atmung verbrauchten Sauerstoff zu ersetzen oder um die vom Menschen gebildete Kohlensäure fortzuschaffen. Diese Veränderungen der Luft erreichen in den üblichen Wohnungen zahlenmäßig keine Werte, die zur direkten Belästigung oder gar zu Gesundheitsschädigungen der Bewohner führen könnten. Dasselbe gilt in der Regel für die vermehrte Wärme. Allerdings können sich im Hochsommer infolge der Besonnung der Mauern die Innenräume gelegentlich so stark erwärmen, daß eine Abkühlung durch Lüftung erwünscht ist.

Den eigentlichen Anlaß zur Lüftung geben andere Veränderungen der Wohnungsluft. In erster Linie kommen hier die riechenden gasförmigen Stoffe in Frage, welche durch Hautausdünstungen der Bewohner, durch getragene Kleider, schmutzige Wäsche usw. geliefert werden. Diese Gerüche treten vor allen Dingen in Räumen auf, die anhaltend viele Stunden hintereinander benutzt sind, ohne daß irgendein Luftwechsel stattfindet (Schlafzimmer).

In zweiter Linie ist die Art von Gerüchen zu nennen, die in den Küchen, z. B. beim Kochen von Kohl und Rüben, beim Aufwaschen des Geschirrs usw. entstehen. Noch mehr Belästigungen und Schädigungen gehen von dem Wasserdampf aus, der sich infolge der Atmung und Hautausdünstung der Menschen in den Wohnräumen ansammelt. Bei starker Benutzung der Räume kann man rechnen, daß wenige Stunden ausreichen, um die Luft des abgeschlossenen Raumes völlig mit Wasserdampf zu sättigen. Dazu kommt noch dann der Wasserdampf, der beim Kochen, Waschen, Trocknen von Wäsche in der Wohnung entsteht, und der dann zeitweise in solchen Mengen auftreten kann, daß an den kalten Wandteilen und den Fenstern Niederschläge zu beobachten sind. In dieser Hinsicht hat man besonders z. B. in Kleinhäusern mit ihren kleinen und zum Teil recht eng zusammenliegenden Räumlichkeiten mit außerordentlich hohen Graden von Luftfeuchtigkeit zu rechnen.

Um sich wohl und behaglich zu fühlen, soll der Feuchtigkeitsgehalt der Luft nicht mehr als 50—60% betragen. Liegt die Feuchtigkeit höher, so tritt — etwa mittlere Zimmertemperatur vorausgesetzt — bei empfindlichen Menschen schon ein Gefühl von Unbehagen und Beklemmung ein, das sich bei höherer Wärme zu den bekannten Erscheinungen der Wärmestauung mit Kopfdruck, Schwindel und Ohnmachten steigert. Wird dieser Zustand ein dauernder, so tritt allmählich eine Durchfeuchtung der Kleider und Betten und sämtlicher wasseranziehenden Gegenstände ein. Die Folge dieser dauernden Feuchtigkeit von Wohnungen und Kleidung ist, daß die Haut der Bewohner nicht abdunsten kann und ebenfalls feucht bleibt. Dadurch verliert die Haut allmählich ihre Reaktionsfähigkeit. Sie wird, wie man sagt, verweichlicht und es entsteht eine Anlage zu Erkältungskrankheiten und Katarrhen mit chronischem Verlauf. Die Erkenntnis, daß ungenügend gelüftete Räume durch die allgemeinen chemischen und thermischen Veränderungen der Raumluft hinsichtlich der dadurch bedingten Gesundheitsstörungen in erster Linie auf die Verhältnisse der Entwärmung zurückzuführen sind, verdanken wir eingehenden Untersuchungen von

Flügge und seinen Schülern. Flügge zieht aus seinen Untersuchungen den Schluß, daß Wärme, Feuchtigkeit und Bewegung der Luft im allgemeinen für unser Wohlbefinden von erheblich größerer Bedeutung ist, als chemische Luftreinheit. Neuere Untersuchungen von W. Schwartz über den Einfluß der Luftbeschaffenheit auf die geistige Leistungsfähigkeit von Schülern ergaben, daß die physikalischen Faktoren hierfür von ausschlaggebender Bedeutung sind, und daß ihr Einfluß auf die geistige Arbeit bereits klar zutage tritt, wenn von körperlichen Störungen noch keine Rede ist.

Das wohltuende Gefühl, das das Atmen im Freien und entsprechend in gutgelüfteten Räumen verursacht, wird nicht durch die größere chemische Reinheit der Luft hervorgerufen, sondern von der hier vorhandenen Möglichkeit der besseren Entwärmung des Körpers.

Neben diesen Verschlechterungen der Raumluft durch den Lebensprozeß des Menschen kommen aber auch noch andere Ursachen in Frage. Zu nennen sind zunächst die gasförmigen Stoffe, die als Verbrennungsprodukte der verschiedenen Beleuchtungsarten entstehen. Außer Kohlensäure können gelegentlich unter besonderen Umständen noch Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffe, Ammoniak, Akrolein usw. gebildet werden und sich der Raumluft beimengen.

Verbrauch, Wärme-, Kohlensäure- und Wasserproduktion der Beleuchtung für eine Hefnerkerze, mittlere räumliche Lichtstärke und 1 Stunde (nach Eitner, Kongreß für Wohnungshygiene, Dresden 1911).

Beleuchtungsmittel	Verbrauch	WE	CO_2 Ltr.	H_2O Ltr.
Petroleumlampe	3,4 g	37	5,30	5,33
Petroleumglühlicht . . .	1,2 „	13	1,87	1,88
Spiritusglühlicht	1,8 „	9,7	1,62	1,34
Leuchtgasschnittbrenner .	17 l	87	9,35	21,20
Leuchtgasrundbrenner . .	10 „	51	5,50	12,50
Stehendes Gasglühlicht .	1,9 „	9,7	1,05	2,37
Hängendes Gasglühlicht .	1,5 „	7,6	0,83	1,88
Preßgas-Invertglühlicht .	1,1 „	5,6	0,61	1,37
Azetylenflamme	1,0 „	15,0	2,00	1,00
Azetylenglühlicht . . .	0,7 „	5,9	0,80	0,40
Kohlenfadenglühlampe . .	3,4 Watt	2,9		
Osmiumglühlampe . . .	1,9 „	1,6		
Osramlampe	1,4 „	1,2		
Tantallampe	2,0 „	1,7		
Nernstlampe	2,4 „	2,1		
Gleichstrombogenlampe .	1,0 „	0,86		
Flammenbogenlampe . .	0,4 „	0,34		
Quecksilberdampflampe .	0,5 „	0,43		

Die durch die Beleuchtungskörper bedingten Luftverschlechterungen werden in Zukunft infolge der allgemeinen Bevorzugung des elektrischen Lichtes wohl noch mehr zurücktreten, als es heute schon der Fall ist.

Weiter ist als Verunreinigung der Luft der Staubgehalt zu erwähnen. Der Staubgehalt bewohnter Räume setzt sich aus eingeschlepptem Straßenstaub und -schmutz, aus abgeriebenen Fasern von Kleidung und Möbelstoffen, aus den feinsten Teilchen zerstäubter Brennmaterialien und schließlich aus den mit der Außenluft hineingelangenden Staub- und Rußpartikelchen zu-

sammen, dessen Art und Menge je nach Gegend und Lage der Räume naturgemäß sehr verschieden ist. Besondere Staubbildung tritt bei unsachmäßiger Zimmerreinigung auf und in den Räumen, wo ein häufiges Kommen und Gehen der Bewohner stattfindet. Zum Luftstaub gesellen sich noch infektiöse Organismen, wenn Infektionsquellen in die Wohnräume hineinkommen. Diese Keime können teils in Form ausgehusteter Tröpfchen oder auch in Gestalt trockener Stäubchen in der Zimmerluft vorhanden sein. In Krankenzimmern, in denen infektiöse Kranke liegen, ist die Luft meist dauernd mit den betreffenden Infektionserregern beladen.

Schließlich ist noch an eine andere Art der Luftverschlechterung zu denken, die in bestimmten Zersetzungsvorgängen ihren Grund hat, welche durch mangelhafte Bauweise oder durch nachlässige Bauunterhaltung und unzweckmäßige Raumbenutzung verursacht werden. Bekannt sind die penetranten Gerüche, die infolge Ansiedelung von Hausschwamm und Schimmelpilzen an feuchten Wänden entstehen und ebenso die, die sich bei Zersetzungsvorgängen und Fäulnisprozessen in Zwischendecken oder anderen nicht leicht zugänglichen Orten bilden können. Ausströmen von Rauchgasen aus Herden, Öfen und undichten Schornsteinen, Eindringen von Kanalgasen, Abortgerüchen usw. bedeuten erhebliche Belästigungen in bewohnten Räumen. In gewerblichen Räumen sind noch diejenigen Gase und Staubpartikel durch Lüftung zu beseitigen, die infolge der verwendeten Materialien oder des Arbeitsprozesses entstehen.

Nach K. B. Lehmann sind die wichtigsten Fabrikgase in folgenden Konzentrationen ertragbar bzw. unmittelbar gefährlich.

	Mehrere Std. ertragbar ‰	½—1 Std. ertragbar ‰	Unmittelbar gefährlich ‰
Joddämpfe	0,0005	0.003	— — —
Chlordämpfe	0,001	0,004	0,05
Bromdämpfe	0,001	0,004	0,05
Salzsäure	0,01	0,05	1,5
Schweflige Säure	— — —	0,05	0,5
Schwefelwasserstoff	— — —	0,2	0,6
Ammoniak	0,1	0,3	3,5
Kohlenoxyd	0,2	0,5	2,0
Schwefelkohlenstoff	— — —	1,5*)	10,0*)
Kohlensäure	10	80	300

B. Größe des Luftwechsels.

Die Lüftung hat also folgende Aufgaben zu bewältigen: In der Hauptsache

1. Wärme und Wasserdampf abzuführen und
2. schädliche gasige Verunreinigungen der Luft zu entfernen.

Ferner

3. Staub und daranhaftende Infektionskeime zu beseitigen (siehe S. 225).

Dieses Ziel kann entweder dadurch erreicht werden, daß die schlechte und unbrauchbar gewordene Luft aus den Räumen entfernt wird oder daß frische und reine Luft zugeführt wird. Die Größe dieses Luftwechsels im Raum soll nun einigermaßen mit seiner zu erwartenden Beanspruchung in

*) mg im Liter, sonst ccm im Liter.

Einklang stehen. Als Maßstab für die quantitativen Bestimmungen des Ventilationsbedarfs kann man die gasigen Verunreinigungen der Luft und von diesen insbesondere wegen ihrer leichten quantitativen Bestimmungsform die Kohlensäure wählen. Nach Pettenkofer und Flügge pflegt man bereits bei einem Gehalt der Luft von $1^0/_{00}$ Kohlensäure gewisse Belästigungen zu empfinden. Vorausgesetzt ist allerdings, daß diese Kohlensäure der menschlichen Atmung und eventuell noch der Beleuchtung entstammt, weil nur in diesen Fällen die anderen übelriechenden gasigen Produkte, für die die Kohlensäure der Indikator sein soll, ebenfalls in entsprechender Menge in die Luft übergegangen sind.

Ein Mensch liefert stündlich etwa 22,6 l Kohlensäure. Befindet sich ein Mensch in einem Wohnraume und werden von demselben stündlich 22,6 l Kohlensäure produziert, so soll sich diese Menge Kohlensäure auf ein derartiges Luftquantum = x l verteilen, daß der Gehalt an Kohlensäure in ihm nur 1 : 1000 beträgt. Da die zugeführte Luft bereits einen gewissen Kohlensäuregehalt mitbringt (nämlich 0,0003 l pro 1 l Luft), so lautet die Gleichung:

$$\frac{22{,}6 + x \cdot 0{,}0003}{x} = \frac{1}{1000}.$$

Bei der Auflösung dieser Gleichung nach x ergibt sich hierfür der Wert 32000 l oder 32 cbm. Erhebt man die Forderung, daß durch die Lüftung der Kohlensäuregehalt der Luft von Wohnräumen auf $1^0/_{00}$ und darunter zu halten ist, so muß jedem einzelnen Menschen stündlich die Frischluftmenge von 32 cbm zur Verfügung stehen. Hieraus ergibt sich die erforderliche Größe des Wohnraumes für einen Menschen, der sogenannte Luftkubus. Dieser muß im Minimum für einen Menschen 16 cbm betragen, da man erfahrungsgemäß mit den üblichen im Wohnhause vorhandenen Ventilationsanlagen die Luft eines Raumes kaum mehr als zweimal pro Stunde, in der Regel sogar weit weniger, erneuern kann. Die quantitative Ermittelung des Ventilationsbedarfes auf Grund der CO_2-Werte ist allerdings insofern unzureichend, als die Kohlensäureproduktion kaum mit der im Raume produzierten Wärme und niemals mit dem Gehalt an Staub und Infektionskeimen parallel geht.

Die Formel, für die Berechnung des Luftbedarfes mit Rücksicht auf einen nicht zu überschreitenden Kohlensäuregehalt, lautet für dauernden Betrieb:

$$L = \frac{K}{c_0 - c}.$$

Für beschränkte Benutzungsdauer der gelüfteten Räume (Sitzungssäle usw.) erfolgt die Berechnung nach der Formel von Kohlrausch:

$$L = \frac{2}{c_0 + c_1 - 2c}\left[\frac{V}{z}(c_1 - c_0) + K\right].$$

L = die zur Lüftung notwendige Luftmenge in cbm/Std.
K = durch Atmung der Insassen bewirkte Gesamtkohlensäureproduktion in cbm/Std. (Mittelwert 0,02 cbm pro Person/Std.).
V = Inhalt des zu lüftenden Raumes in Kubikmeter.
z = Dauer der Kohlensäureproduktion in Stunden.
c = Kohlensäuregehalt (cbm) in 1 cbm Zuluft.
c_0 = zulässiger Kohlensäuregehalt (cbm) in 1 cbm Raumluft nach z-Stunden.
c_1 = Kohlensäuregehalt (cbm) der Raumluft vor Beginn der Lüftung. Für c ist zu setzen im Mittel 0,0004 cbm.
c_1 = 0,0005 cbm, wenn der Raum vorher längere Zeit ohne Benutzung war.

Nach v. Pettenkofer . . . . . $c_0 = 0{,}0007$ (dauerndes Wohlbefinden).
Nach v. Pettenkofer . . . . . $c_0 = 0{,}0010$ (sanitär zulässig).
Nach C. Lang und Wolffhügel $c_0 = 0{,}0010$—$0{,}0015$ für kleine Räume.

Eine andere Berechnungsart des Ventilationsbedarfs hat Rietschel versucht. Er hat in den Fällen, wo ein Parallelismus zwischen Kohlensäuregehalt und Temperatur nicht zu erwarten ist, die Wärme des Wohnraumes selbst als Maßstab für den Ventilationsbedarf benutzt und folgende Formel angegeben:

$$L = \frac{W\,(1 + \alpha\, t)}{0{,}306\,(t - t_1)}.$$

Unter Voraussetzung des Beharrungsbestandes und einer gleichmäßigen Verteilung der Wärme im Raume bedeutet in dieser Formel L der stündliche Luftwechsel in Kubikmeter, t die zulässige, nicht zu überschreitende Raumtemperatur, α der Ausdehnungskoeffizient der Luft = 0,00367, t_1 die Lufttemperatur der eingeführten kühleren Luft und 0,306 die zur Erwärmung eines Kubikmeters Luft von 0^0 auf 1^0 nötige Wärmemenge. W bedeutet die Wärmezufuhr und errechnet sich aus folgender Gleichung:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 \pm W_4.$$

W_1 = Wärmeabgabe der Besetzung WE/Std.
W_2 = „ „ Beleuchtung WE/Std.
W_3 = „ „ Heizkörper WE/Std. (z. B. im Winter unter hohen Fenstern zur Vermeidung von Zug).
W_4 = Wärmeverluste durch die Begrenzung bei der Raumtemperatur t in WE/Std. (negativ im Winter).
W_4 = Wärmezufluß von außen durch die Begrenzung bei der Raumtemperatur t WE/Std. (positiv im Sommer).

Für t ist zu setzen 18 ~ 20^0 C im Winter, 20 ~ 22^0 im Sommer (Sommerkleider).

Die Lufteintrittstemperatur t_1 kann mit 15 ~ 17^0 C angenommen werden.

Aber auch diese Formel ist keine ausreichende quantitative Bedarfsberechnung, da sie die Wasserdampfansammlungen unberücksichtigt läßt.

Man bedient sich daher nur in besonderen Fällen einer Ventilationsbedarfsrechnung, die übrigens auch noch nach anderer Richtung hin, als oben besprochen, durchzuführen versucht ist (z. B. Zugrundelegen eines begrenzten Feuchtigkeitsgehaltes, eines Druckmaßstabes). Im allgemeinen bestimmt man die Größe des Luftwechsels nach Erfahrungssätzen.

Bei bekannter Zahl der Rauminsassen wird der Luftwechsel (Luftbedarf) nach Kopf und Stunde bemessen. Man rechnet:

Für Versammlungen, Hörsäle u. dgl. (je nach kälterer oder wärmerer Jahreszeit) . . . ca. 20—40 cbm Kopf/Std.
.. Krankenräume für Erwachsene . . . . . ca. 60—100 „ „
.. „ „ Kinder . . . . . ca. 30—50 .. ..
.. Schulräume für Kinder . . . . . ca. 15—25 .. ..

Bei unbekannter Besetzung von Räumen wird ein Vielfaches des Rauminhaltes angenommen.

Wohnräume u. a. . 1—2fache Lüftung
Gasthausräume. . 3—5 „ „

Baderäume . . .	1—2fache	Lüftung	
Aborte	3—5 „	„	
Küchen	bis 40 „	„	(nach Brabbée).

Es ist nicht möglich, den Luftwechsel eines Raumes, in dem sich Menschen aufhalten, beliebig oft vor sich gehen zu lassen. Infolge der dann dauernd bewegten Luft würden sich Zugerscheinungen bemerkbar machen, die zum mindesten unangenehm empfunden werden.

Bereits Luft, die bei mittlerer Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mehr als 0,2 m/s ausströmt, ruft bei empfindlichen Menschen Zugempfindungen hervor. Bei höher temperierter Luft hingegen können Luftgeschwindigkeiten unter der Voraussetzung gleichmäßiger Verteilung von 1—1,5 m/s noch erträglich sein. Aus den neueren Arbeiten von Brabbée geht sogar hervor, daß man bei geschickter Anordnung der Zu- und Abluftöffnungen, bei richtiger Temperatur und bei einer Lüftung von unten nach oben, einen 10maligen Luftwechsel eines Raumes pro Stunde ohne Belästigung für die Insassen durchführen kann. Von den Vorrichtungen, die den Zweck haben, bei Lüftungseinrichtungen für Gebäuderäume Zugbelästigung zu verhüten, sei der von E. Küster erfundene Anemostat erwähnt.

C. Entstehen von Luftbewegungen im geschlossenen Raume.

Luftbewegungen resultieren durch Erzeugung von Druckunterschieden. Ein Druckunterschied kann durch verschiedene Temperaturen, durch Wind oder durch Ventilatoren hervorgerufen werden. Um die Druckverhältnisse in einem begrenzten Raum kennenzulernen, sei zunächst der Einfluß von Temperaturunterschieden besprochen.

Das Gewicht eines Kubikmeters Luft bei 760 mm Barometerstand und verschiedener Temperatur geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor:

Temperaturgrade in Celsius	Gewicht eines cbm Luft kg	Temperaturgrade in Celsius	Gewicht eines cbm Luft kg
−20	1,3955	+1	1,2884
19	1,3901	2	1,2838
18	1,3845	4	1,2748
17	1,3791	6	1,2654
16	1,3738	8	1,2564
15	1,3683	10	1,2475
14	1,3631		
13	1,3579	12	1,2387
12	1,3527	14	1,2301
11	1,3475	16	1,2216
10	1,3424	18	1,2131
		20	1,2049
9	1,3373	22	1,1967
8	1,3323	24	1,1888
7	1,3272	26	1,1807
6	1,3223	28	1,1728
5	1,3173	30	1,1650
4	1,3124	32	1,1574
3	1,3076	34	1,1497
2	1,3027	36	1,1424
1	1,2979	38	1,1352
0	1,2932	40	1,1279

I. Temperaturunterschiede.

Ein Raum (Fig. 1, *1*), dessen Umschließung gleichmäßig porig sein soll, wird auf die konstante Temperatur ti geheizt. Die kältere Außentemperatur sei ta. Windanfall sei nicht möglich. Da mit höherer Temperatur das spezifische Gewicht der Luft kleiner wird, steigt die Innenluft auf und tritt durch die oberen Teile der Raumumschließung aus. Gleichzeitig strömt das entsprechende Quantum kälterer Luft durch die unteren Teile in den Raum ein.

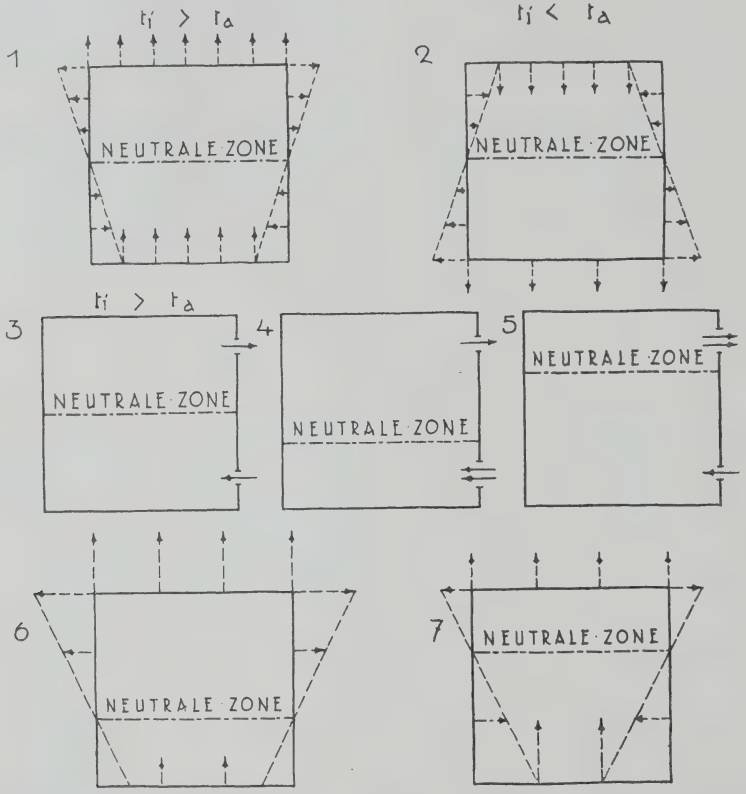


Fig. 1. Einstellung der neutralen Zone. Aus Schachner, Gesundheitstechnik im Hausbau. (R. Oldenbourg, München und Berlin 1926.)

Da im Gleichgewichtszustand oben ein Überdruck von Innen nach Außen, unten dagegen ein Überdruck von Außen nach Innen besteht, so muß sich in halber Raumhöhe eine Ebene des Druckausgleiches bzw. der Druckumkehr ergeben, die nach Recknagel, der diese Erscheinungen zuerst studiert hat, „neutrale Zone" genannt wird.

In Fig. 1, *2* ist der umgedrehte Fall gezeichnet, wo die Innentemperatur ti tiefer als die Außentemperatur ta ist. Auch hier befindet sich die neutrale Zone aus denselben Gründen in der Mitte des Raumes. Aus den Zeichnungen geht weiter hervor, daß die absoluten Werte der Druckkräfte in dem obersten und untersten Teile der seitlichen Raumumschließungen, an der Decke und am Boden am größten sind.

Fig. 1, *3* zeigt, daß die neutrale Zone ebenfalls in halber Raumhöhe liegt, wenn an Stelle der porösen Raumumschließung überall gleich dichte

Wände, Decken und Bodenflächen vorhanden sind und dafür in entsprechenden Abständen unten und oben von der mittleren Raumhöhe des Raumes gleichgroße Öffnungen angebracht sind. Eine Verschiebung der neutralen Zone nach unten tritt aber ein, wenn beispielsweise die untere Öffnung des Raumes doppelt so groß ist, wie die obere (Fig. 1, *4* u. *6*), und umgedreht eine Verschiebung nach oben, wenn die obere Seitenöffnung größer ist, als die untere (Fig. 1, *5* u. *7*).

Dies ist ohne weiteres verständlich, wenn man daran denkt, daß die Summe der oben und unten aus dem Raum austretenden bzw. eindringenden Luftmenge die gleiche sein muß. Eine Tieferlegung der neutralen Zone in einem gewöhnlichen Raum tritt also ein:

1. wenn in den unteren Raumteil ungehindert größere Luftmengen eintreten, als durch den oberen Teil heraustreten können;

2. durch Einpressen von Luft unter Erschwerung der Ablüftung. Andererseits tritt eine Verlegung der neutralen Zone nach oben ein:

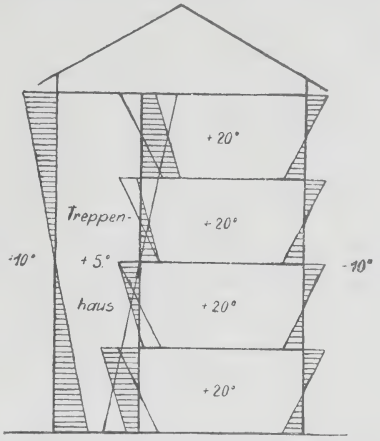


Fig. 2. Druckverhältnisse eines Hauses. Aus Weyls Handbuch der Hygiene, 2. Aufl., IV. (Joh. A. Barth, Leipzig 1914.)

1. wenn der obere Raumteil reichlichere Gelegenheit zur Luftabströmung aus dem Raum gibt als der untere Raumteil zum Lufteinstrom;
2. durch Absaugen der Raumluft unter Erschwerung der Luftzufuhr.

In Fig. 2 sind die Druckverhältnisse eines Hauses dargestellt, das aus vier Geschossen besteht. Die Raumschließungen sind überall oben und unten als gleichmäßig porös angenommen, so daß sich die neutrale Zone für jeden Raum in halber Raumhöhe befindet. Da das Treppenhaus einen durch die vier Stockwerke hindurchgehenden zusammenhängenden Raum bildet, hat es trotz seiner geringeren Innentemperatur, als die einzelnen Stockwerke, doppelt so hohe Enddrucke wie diese. Im Erdgeschoß ist der Überdruck vom Innenraum gegen das Treppenhaus gerichtet; im dritten Stock hingegen geht es umgekehrt. Aus der Zeichnung geht hervor, daß alle Zwischendecken möglichst dicht zu machen sind, weil der Druckunterschied zu beiden Seiten jeder Zwischendecke das Doppelte des größten Seitenwanddruckes beträgt.

II. Windanfall.

Komplizierter werden die Verhältnisse der Druckunterschiede im Raum jedoch, wenn Gelegenheit zum Windanfall gegeben ist. Ein auf eine Umschließungswand senkrecht auftretender Wind erzeugt auf der Vorderseite einen Überdruck und auf der Rückseite des Raumes einen Unterdruck. Über- und Unterdruck sind in ihrer Größe stark abhängig von der Richtung des Windanfalles und der geometrischen Form des widerstrebenden Körpers. Der höchst erzielbare Staudruck eines strömenden Gases von der Geschwindigkeit v und dem spezifischen Gewicht s ist

$$h = \frac{s \cdot v^2}{2g},$$

wo g die die Erdbeschleunigung bedeutet.

Die folgende Tabelle gibt für eine Luft von 15° C und 760 mm Barometerstand bei verschiedenen Windstärken den Winddruck an:

Windgeschwindigkeit v in m/sek.	Winddruck P in kg/pm
2	0,25
6	2,24
10	6,22
16	15,93
20	24,90

III. Selbstlüftung.

Da alle Baumaterialien (vgl. Wohnung) mehr oder weniger luftdurchlässig sind, findet durch jede Raumwand eine dauernde Luftbewegung statt. Dieser Luftbewegung durch die Raumumschließung, die

1. vom Baumaterial und Baukonstruktion,
2. vom Temperaturunterschied,
3. vom Winddruck (Druck- und Saugwirkung)

abhängig ist, hat man früher sehr große Bedeutung beigelegt (Selbstlüftung). Sie ist aber in der Tat unter normalen Verhältnissen und bei guter Baukonstruktion außerordentlich gering. Lediglich Schwemmsteine weisen unter den gebräuchlichsten Bausteinen eine größere Luftdurchlässigkeit auf. Die durch eine Wand hindurchgehende Luftmenge L (in cbm und Std.) ist nach den Untersuchungen von Lang direkt proportional der Oberfläche F (in qm), dem Druckunterschied h zwischen beiden Seiten, einer vom Material abhängigen Konstanten c und umgekehrt proportional der Wandstärke s (in m).

$$L = c \frac{F}{s} h.$$

Feuchtigkeit und Anstrich (Anstrichfarben in der Reihenfolge: Kalk-, Leim- und Ölfarbe) vermindern die Luftdurchlässigkeit der verschiedenen Baumaterialien erheblich. In der folgenden Tabelle sind einige Werte der Konstanten c für verschiedene Baumaterialien angegeben:

Material	1000 c
Klinker, glasiert	0,000
Eichenholz über Hirn (senkrecht zur Faser)	0,007
Gips, gegossen	0,041
Portlandzement	0,137
Klinker, unglasiert	0,145
Ziegel	0,201
Beton	0,258
Luftmörtel	0,907
Fichtenholz über Hirn (senkrecht zur Faser)	0,010
Schlackensteine	5,514
Kalktuffstein	7,980

Außer der Luftbewegung durch die porösen Teile der Wände kommt noch diejenige in Betracht, die durch Undichtigkeiten (Risse, Spalten), insbesondere z. B. bei den Fenstern, möglich ist. Nach dem Vorschlage von Hencky kann man die in solchen Fällen durchgehende Luftmenge — kleine Druckdifferenzen und enge Öffnungen vorausgesetzt — nach der Gleichung berechnen, die für den Ausfluß aus Düsen gilt. Bedeutet f die Fläche im engsten Querschnitt der Öffnung im Quadratmeter, g die Erd-

beschleunigung, Δp die Druckdifferenz in Millimeter WS, s das spezifische Gewicht der Luft in Kilogramm pro Kubikmeter bei t^0 und Barometerstand b in Millimeter Hg und μ eine Konstante, welche für die vorliegenden Zwecke etwa 0,8 gesetzt werden kann, so ist L = die durchgehende Luftmenge in Kubikmeter pro Stunde bei dem spezifischen Gewicht s:

$$L = \mu \cdot f \cdot 3600 \sqrt{\frac{2\,g \cdot \Delta p}{s}}$$

Durch experimentelle Untersuchungen wäre allerdings die Bestätigung für die strikte Gültigkeit der Formel für diesen Anwendungsbereich noch zu erbringen.

IV. Druckdifferenz und Luftgeschwindigkeit.

a) Die Beziehung zwischen Luftgeschwindigkeit und Druckdifferenz bei widerstandsfreier Strömung lautet:

$$v = \sqrt{\frac{2gp}{s}}\ \text{m/Sek.} \sim 3{,}9\ \sqrt{p}\ \text{m/Sek.}$$

wo v = Luftgeschwindigkeit in m/Sek.,
g = Fallbeschleunigung = 9,81 m,
p = Druckdifferenz in Millimeter WS oder kg/qm,
s = Gewicht eines Kubikmeters bewegter Luft in Kilogramm
bedeutet.

In der folgenden Tabelle sind die Luftgeschwindigkeiten v bei widerstandsfreier Strömung für die Druckdifferenzen p von 0—8 mm WS oder kg/qm zusammengestellt.

v m/Sek.	p mm WS	v m/Sek.	p mm WS	v m/Sek.	p mm WS	v m/Sek.	p mm WS
0.00	0.0000	1,40	0,129	2,50	0,412	4,5	1,33
0.20	0,0026	1,60	0,169	2,75	0,498	5,0	1,64
0.40	0,0105	1,80	0,214	3,00	0,595	5,5	1,99
0,60	0,0237	2,00	0,264	3,50	0,809	6,0	2,37
0,80	0,0422	2,20	0,320	4,00	1,055	10,0	6,60
1,00	0,0660	2,40	0,380			11,0	8,00
1,20	0,0952						

Soll aus der Luftgeschwindigkeit die geförderte Luftmenge berechnet werden, so kann der Durchfluß-Querschnitt nicht gleich der freien Öffnung gesetzt werden, weil infolge Kontraktion eine Einschnürung des Luftstromes stattfindet. Diese kann so groß sein, daß der Durchflußquerschnitt nur mit 72% der freien Öffnung in Ansatz gebracht werden kann.

b) Sobald die Luftbewegung nicht durch eine widerstandsfreie Öffnung, sondern durch anschließende Kanäle oder Leitungen erfolgt, vermindert sich die Luftgeschwindigkeit durch die sogenannten Einzelwiderstände (Richtungsänderungen, Durchschnittsänderungen, Luftgitter u. dgl.) und durch die Reibungswiderstände, die allerdings nur bei langen Leitungen von kleinem Durchschnitt eine Rolle spielen.

Die erreichbare Luftgeschwindigkeit innerhalb eines Kanals errechnet sich aus der folgenden Formel:

$$v = \sqrt{\frac{2gp}{s} \cdot \frac{1}{1 + R + \xi_1 + \xi_2 \ldots + \xi_n}} \text{ m/Sek.}$$

$$R = \varrho \cdot l \cdot \frac{u}{q},$$

v = Luftgeschwindigkeit in m/Sek.,
g = Fallbeschleunigung = 9,81 m,
p = Druckdifferenz in Millimeter WS oder kg/qm,
s = Gewicht eines Kubikmeters bewegter Luft in Kilogramm (s. S. 205, Tabelle),
R = Reibungswiderstand,
ϱ = Reibungskoeffizient,
l = Länge des Kanals in Meter,
u = Umfang des Kanalquerschnittes in Meter,
q = Querschnitt des Kanals in Quadratmeter,
$\xi_1, \xi_2 \ldots \xi_n$ = Widerstandskoeffizienten für die Einzelwiderstände.

Für gemauerte Kanäle $\varrho = 0{,}00643 + 0{,}000053 \frac{u}{q}$;
rechtwinkeliges scharfes Knie $\xi = 1{,}5$;
abgerundetes Knie $\xi = 1{,}0$;
vollkommene Kontraktion $\xi = 1{,}5$;
Mündung in ebener Wand $\xi = 1{,}0$;
trompetenförmige Einmündung $\xi = 0{,}2$—$0{,}5$;
Drahtgitter $\xi = 0{,}3$—$0{,}7$;
Gitter aus gelochtem Blech $\xi = 0{,}75$—$2{,}75$ m, um so größer, je ungünstiger das Verhältnis der freien zur gesamten Gitterfläche ist.

Bei Querschnittserweiterungen und Verengungen sind die Widerstandskoeffizienten nach dem Grade der Erweiterung und Verengung zu berechnen, und es ist die bei der Geschwindigkeitssteigerung auftretende Kontraktion zu berücksichtigen.

$$\text{Querschnittserweiterung } \xi = 1 - \left(\frac{f}{c^2 f_1}\right)^2,$$

$$\text{Querschnittsverengung } \xi = \left(\frac{f}{c^2 f_1}\right)^2 - 1,$$

f = Kanalquerschnitt,
f_1 = Querschnitt der Erweiterung bzw. Verengung,
c = linearer Kontraktionskoeffizient (0,8—0,95) um so kleiner, je stärker die Kontraktion zu erwarten ist.

D. Untersuchungsmethoden.

I. Lufttemperatur.

Zur Bestimmung der Lufttemperatur werden Quecksilberthermometer benutzt, für Temperaturen unter — 20° Weingeistthermometer. Ausführliche Angaben s. Bd. I, S. 601 bzw. Bd. I, S. 162. Zur fortlaufenden Beobachtung von Raumtemperaturen bedient man sich des Thermographs, s. Bd. I, S. 604.

Am besten ist es, die Temperaturmessung eines Raumes mit dem Thermometer in der Mitte desselben in einer Höhe von etwa 1,6 m über dem Fußboden vorzunehmen. Außerdem empfiehlt es sich, die Temperatur zu gleicher Zeit an 5—8 Plätzen mit 3—4 übereinander hängenden Thermometern zu bestimmen.

II. Luftfeuchtigkeit.

Ausführungen über den Begriff der Luftfeuchtigkeit s. Bd. I, S. 638. Bestimmungsformen s. Bd. I, S. 642. Als Ergänzung dazu sei hier noch ein in letzter Zeit konstruierter Apparat erwähnt, der die gleichzeitige fortlaufende Registrierung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit gestattet. Der Apparat ist in Fig. 3 abgebildet.

Die Einzelmessungen von Lufttemperatur, -feuchtigkeit, -bewegung usw. geben, für sich betrachtet, noch kein Bild über den Grad der Behaglichkeit der Luft. Es müssen hierfür die Ergebnisse dieser verschiedenen Messungen, die aus Beobachtungen über größere zusammenhängende Zeiträume gewonnen sind, in ihrer Gesamtheit ausgewertet werden. In groß angelegten Untersuchungen haben amerikanische Heizungs- und Lüftungs-

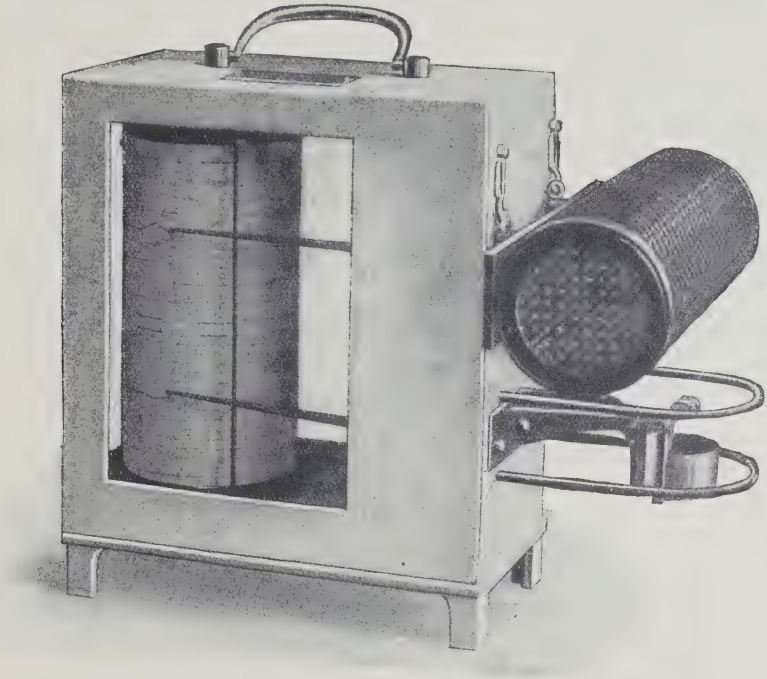


Fig. 3. Thermohygrograph nach R. Fueß, Berlin-Steglitz.

ingenieure versucht, die Zusammenhänge von Feuchtigkeit und Temperatur bei verschiedener Luftgeschwindigkeit in einer sogenannten „Behaglichkeitslinie“ oder einem „Behaglichkeitsfeld“ derart festzulegen, daß sich der Körper stets gleich behaglich fühlt. (Näheres darüber ist zu finden bei Hirsch, Ges. Ing. 1926, Heft 13, S. 188.)

Die Bestrebungen, diese drei Messungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Bewegung) mit einem einzigen Instrument zu erfassen, haben zur Konstruktion verschiedener Apparate geführt, von denen hier in erster Linie das Katathermometer nach Hill (Näheres s. Bd. III, S. 71) und das Frigorimeter nach Dorno (s. Bd. I, S. 638) genannt sein soll.

III. Luftdruck.

Die zur Bestimmung des Luftdruckes zu verwendenden Apparate sowie ihre Handhabung s. Bd. I, S. 615.

IV. Chemische Untersuchungen der Luft.

Allgemeine Bestimmungen der gasförmigen Luftbestandteile s. Bd. I, S. 684. Zur Prüfung des chemischen Gütegrades der Luft, für die als Maßstab die Verschlechterung des Kohlensäuregehaltes benutzt wird, wählt man am besten die klassische Methode nach Pettenkofer. Diese sowie andere Verfahren s. Bd. I, S. 694ff.

V. Messung von Luftbewegungen.

Um die meist sehr schwachen Luftströmungen in Zimmern zu beobachten oder gar zu messen, sind empfindliche Instrumente nötig.

1. Eine gute Orientierung gibt zunächst die Bewegung eines feinen Flaumfederchens, Watteflöckchens oder Zigarrenrauch. Diese Methoden sind dann brauchbar, wenn die Luftgeschwindigkeiten über 0,05—0,1 m pro Sekunde gehen.

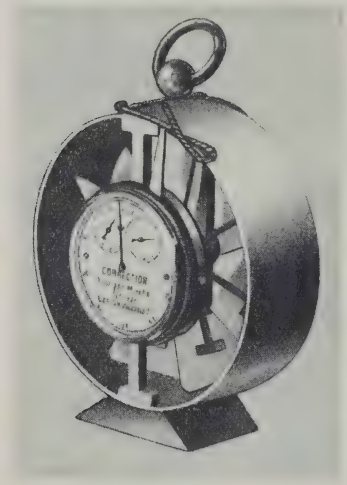


Fig. 4. Anemometer von G. Rosenmüller, Dresden-N.

2. Geschwindigkeiten von 0,15 und darüber sind quantitativ durch Anemometer meßbar. Bei der Messung mit dem Anemometer hält man dasselbe senkrecht auf die Richtung des zu untersuchenden Luftstromes, und zwar so, daß er die nicht vom Zählwerk verdeckte Seite des Rades trifft. Man kann demzufolge mit dem Instrument Druck- und Saugwirkungen ermitteln. Beide Benutzungsarten bedürfen eine besondere Art der Eichung, und die Apparate dürfen nur im Sinne und in den Grenzen ihrer Eichungen benutzt werden, wenn sie zuverlässige Resultate geben sollen. Näheres über Anemometer s. Bd. I, S. 631. Die übliche Form des Anemometers gibt Fig. 4 wieder*). Für Messungen innerhalb von Kanälen wird die in Fig. 5 dargestellte Konstruktion verwendet, deren Zählwerk äußerlich sichtbar am Ende des seitlich angesetzten Rohres angebracht ist. Die Zählwerke

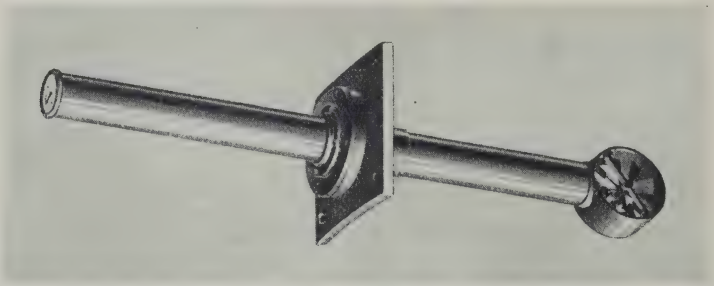


Fig. 5. Anemometer zum Messen von Kanälen von G. Rosenmüller, Dresden-N.

*) Genauer und praktischer sind die neusten Anemometerkonstruktionen der Firma Fueß, Berlin-Steglitz, Düntherstr. 8. Diese Apparate haben getrennt liegendes Flügelrad und Zählwerk mit Momentschaltung und Nullstellung. Ebenso sei noch auf das hochempfindliche Differential-Anemometer nach Schultz-Fueß aufmerksam gemacht (Meßbereich 0,02—8 m/Sek.).

werden durch eine Schnur ein- und ausgeschaltet. Man läßt also z. B. den zu untersuchenden Luftstrom etwa für die Dauer von 1 Minute, die mit Hilfe einer Stoppuhr möglichst exakt innezuhalten ist, auf das Anemometer einwirken. Werden nunmehr die beiden Zahlen zu Beginn und Schluß der Minute, die man auf dem Zifferblatt des Anemometers abgelesen hat, voneinander subtrahiert, so hat man auf diese Weise die Umdrehungszahl pro Minute n gefunden. Die Luftgeschwindigkeit v in m ist dann

$$v = \alpha + \beta \cdot \frac{n}{60},$$

wo α und β zwei für jedes Instrument von der Fabrik bestimmte Konstanten sind. α wird als Trägheitswiderstand bezeichnet und repräsentiert den Teil der Kraft des Windes, der zur Überwindung der Trägheit notwendig ist. Ist die Windgeschwindigkeit nicht etwas größer als α, so dreht sich das Rädchen nicht, n bleibt gleich 0. β repräsentiert den vom Material und Temperatur abhängigen Reibungswiderstand.

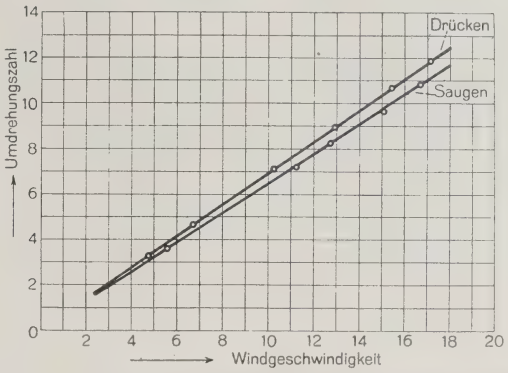


Fig. 6. Aus der Prüfungsanstalt für Heizung und Lüftung der Technischen Hochschule Charlottenburg.

Lautet die Formel bei einem Anemometer z. B.

$$v = 0{,}4 + 0{,}143 \cdot \frac{n}{60}$$

und sind n = 450 Umdrehungen in der Minute gemacht, so ist

$$v = 0{,}4 + 0{,}143 \cdot \frac{450}{60} = 0{,}4 + 1{,}07 = 1{,}47 \text{ m}.$$

Fig. 6 gibt eine Anemometer-Eichkurve aus der Prüfungsanstalt für Heizungs- und Lüftungseinrichtungen der Technischen Hochschule, Berlin, wieder (vgl. Dietz, S. 119).

Eine Ventilationsbestimmung, wie sie mit dem Anemometer praktisch durchgeführt werden kann, verläuft folgendermaßen: Es handele sich um die Bestimmung einer Luftmenge, die aus einem Luftheizkanal ausströmt. Hierbei ist zunächst zu beachten, daß die Luftgeschwindigkeit an der Grenze der Kanalöffnung an mehreren Stellen bestimmt werden muß. Ist die Öffnung z. B. quadratisch, so wäre je eine Ablesung in den vier Ecken, sowie in der Mitte auf dem Schnittpunkt der Diagonalen vorzunehmen. Aus den erhaltenen vier Werten wird das Mittel gezogen und daraus die mittlere Geschwindigkeit v berechnet. Zur Bestimmung der Luftmenge in Kubikmetern, die in der Sekunde durch die Öffnung einströmt, ist dann nur noch das Produkt aus dieser mittleren Geschwindigkeit v und der in Quadratmetern ausgedrückten Größe der Ventilationsöffnung zu bilden.

Beispiel: Ist v = 3,5 m und die Ventilationsöffnung ein Rechteck von 76 cm Breite und 43 cm Höhe, so beträgt der Einstrom pro Sekunde $3{,}5 \cdot 0{,}76 \cdot 0{,}41 = 1{,}091$ cbm.

Zur Umrechnung auf die Stundenleistung wird dieser Wert mit $60 \cdot 60$ multipliziert. Um zu genauen Durchschnittswerten zu kommen,

ist es nötig, die Untersuchungen in verschiedenen Zeitabständen zu wiederholen. Handelt es sich um sehr enge Kanäle, in denen es nicht möglich ist, ein Anemometer an verschiedenen Stellen anzubringen, so ist die Untersuchung mit dem Differentialmanometer und dem Staugerät auszuführen.

Zur Messung feiner Luftströme, die manchmal nur mit den Hautnerven zu konstatieren sind, leistet das trockene Katathermometer ausgezeichnete Dienste und nach Weiß (s. S. 73) wird es als reines Meßinstrument für die Lüftungstechnik von grundlegender Bedeutung werden. Eine Katamessung, gleichzeitig verbunden mit einer Temperaturmessung, gibt Aufschluß darüber, wie groß eine eventuell vorhandene Zuggeschwindigkeit v ist und Anhaltspunkte, ob dieser Zug auf den Körper eine schädigende Wirkung ausübt. Macht man die Messung der Abkühlungszeit T mit der Stoppuhr auf ½ Sek. genau und hängt man das Instrument so auf, daß es nicht pendelt, so erlaubt der zu berechnende Katawert H sehr genau die Bestimmung der Luftgeschwindigkeit und die Einschätzung des Abkühlungseffektes nach der Formel

$$H = (0{,}14 + 0{,}49\sqrt{v})\,(36{,}5 - t).$$

(t = Umgebungstemperatur mit geeichtem Thermometer auf $^1/_{10}{}^0$ genau zu messen.)
(Vgl. Korff-Petersen und Heymann, Ztschr. f. Hyg. u. Infekt. 1926, Bd. 105, S. 473.)

3. Für feinere Druckmessungen verwendet man ausschließlich Flüssigkeitsmanometer, die auf dem Prinzip kommunizierender Röhren beruhen. Für die Messung geringer Luftgeschwindigkeiten ist, wenn dieselben einigermaßen beharrlich sind, das Differentialmanometer nach Recknagel gut zu gebrauchen. Näheres darüber s. Bd. I, S. 156ff. Das Instrument gestattet bei Füllung mit Alkohol noch die Ablesung einer wirklichen Druckdifferenz von 0,0025 mm Wassersäule, andererseits sind bei senkrechter Stellung des Steigrohres noch Druckdifferenzen bis 150 mm Wassersäule ablesbar (siehe S. 209, Abs. a).

Außer den im Bd. I, S. 633 angegebenen Methoden sei hier noch die Drucklibelle nach Toepler*) erwähnt.

Ein unter sehr stumpfem Winkel (180^0—$2\,\alpha$) geknicktes Glasrohr von etwa 3 mm Weite enthält eine etwa ¼ m lange Säule Petroleum oder Xylol von spezifischem Gewicht s. Ein einseitiger Druck, welcher eine Verschiebung um λ cm bewirkt, ist gleich $(2\,s \cdot \sin\alpha) \cdot lg/cm^2$. Den konstanten Faktor $(2\,s \cdot \sin\alpha)$ kann man beliebig klein machen.

Oder wenn der Abstand der beiden Kuppen = a ist, und wenn ein Druck p kompensiert wird durch eine Neigung des Rohres um den Winkel β, so ist $p = as \cdot \sin\beta$. Der Neigungswinkel wird durch die Drehung der Fußschraube an der Libelle hervorgebracht und gemessen.

Mit mikroskopischer Ablesung ist eine Druckänderung von 10^{-8} Atm. noch feststellbar.

4. Sind die Anemometer vorzüglich dazu geeignet, sich schnell einen ungefähren Überblick über Richtung und Stärke von Luftströmungen zu verschaffen, so zieht die Praxis für genauere Messungen die sogenannten Staugeräte vor. Außer der sehr bekannten Krellschen Stauscheibe, die sich in der Praxis aber als unzuverlässig erwiesen hat, ist das Staurohr nach Brabbée zu empfehlen. Zur Erklärung der Wirkung dieser Staurohre, die sich auf dem Prinzip der Pitotrohre aufbauen, sei daran erinnert, daß man bei jedem in Wandungen strömenden Gase drei verschiedene Drucke unterscheiden muß, nämlich:

1. den dynamischen Druck, der der Geschwindigkeit des strömenden Gases entspricht;

*) A. Toepler, Wied. Anal. 56, 611, 1895.

2. den statischen Druck, der auf die Begrenzungswände ausgeübt wird und von der Größe der Geschwindigkeit unabhängig ist, und
3. den Gesamtdruck, der die Summe der beiden Einzeldrucke repräsentiert.

Der kurze Schenkel des Staurohres (s. Fig. 7) besteht aus zwei ineinandergesteckten dünnen Röhren. Das eine dieser Röhrchen, das mit seiner Öffnung senkrecht zur Luftbewegung gerichtet ist, mißt den Gesamtdruck der Luftbewegung. Das äußere Röhrchen, das mit vier kleinen seitlichen Bohrungen versehen ist, mißt den statischen Druck. Aus der Differenz dieser beiden Drucke, die durch die beiden miteinander verlöteten Rohre des langen Schenkels auf die Schlauchtüllen und von hier durch Gummischläuche auf die Meßstellen übertragen werden, ergibt sich die Geschwindigkeitsgröße (s. Bd. I, S. 159 und die Tabelle S. 209).

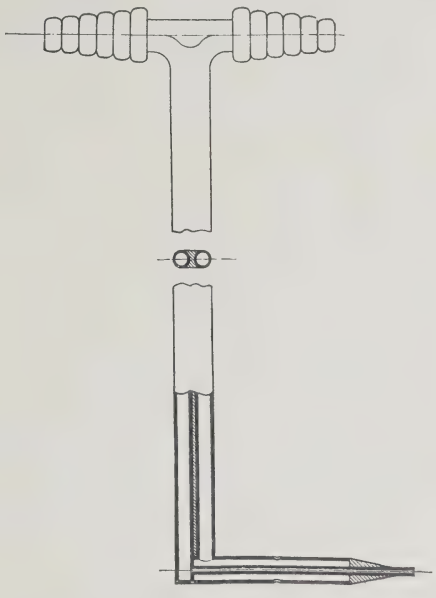


Fig. 7. Staurohr nach Brabbée. Aus Weyls Handbuch der Hygiene, 2. Aufl. (Joh. A. Barth, Leipzig 1914.)

Die Messungen mit Hilfe der Staugeräte können ganz erhebliche Schwierigkeiten bereiten. Die Methode setzt vor allen Dingen einen sehr gleichmäßigen Luftstrom voraus, dessen Luftfäden unter sich gleichgerichtet sind und keine gröberen Luftwirbel bilden. Da die Luft, besonders in runden Leitungen, zu schraubenförmigen Bewegungen neigt, müssen diese durch Einschaltung eines Bündels dünnwandiger, den ganzen Querschnitt der Luftleitung anfüllender Messingrohre beseitigt werden (Durchmesser dieser Rohre 20—40 mm, Länge 300—500 mm). Wirbel der Luft werden durch in die Luftleitung eingespannte engmaschige Filter aus feiner Messinggaze vermindert. Diese Gaze bewirkt gleichzeitig eine gleichmäßigere Verteilung der Luftgeschwindigkeit über den Querschnitt der Luftleitung. Die zum Manometer führenden Verbindungsschläuche müssen vor der Messung daraufhin nachgesehen werden, ob sie dicht sind. Ferner muß geprüft werden, ob Verstopfungen durch Staub oder Fremdkörper oder auch durch Eindringen der Meßflüssigkeit vom Druckmesser her ausgeschlossen sind, weil sonst, besonders bei geringen Drucken, schwere Meßfehler entstehen können. Das Staugerät muß an der Stelle der mittleren Luftgeschwindigkeit angebracht sein, weil sonst die erhaltenen Angaben bei ungleicher Luftgeschwindigkeit leicht bedeutend von der Wirklichkeit abweichen. Ebenso ist zu beachten, daß das Staugerät nur auf gerader Strecke in die Leitung eingeführt werden darf, weil an den Krümmungen der Leitung stets Veränderungen des Luftstromes auftreten (Verengungen und Ablenkungen), die das Meßergebnis erheblich beeinflussen.

Über manometrische Luftmengenmessung in Leitungen, mit Hilfe des von Dietz angegebenen Venturimessers, muß auf die einschlägige Spezialliteratur verwiesen werden (s. Dietz, Lehrbuch der Lüftungs- und Heizungstechnik, S. 113ff.).

Um die Druckverhältnisse eines Raumes praktisch zu untersuchen, bringt man an mehreren übereinandergelegenen Stellen des betreffenden Raumes (z. B. an Holzrahmen von Fenstern oder Türen) kleine Bohrungen an, in die nacheinander ein Metall- oder Glasröhrchen luftdicht eingepaßt

wird. Jedes einzelne dieser Röhrchen wird dann mit dem Mikromanometer verbunden, das sich in gleicher Höhe mit der betreffenden Öffnung befindet*). Hierbei ist darauf zu achten, daß die freien Enden der Bohrungen und Schläuche vor Wind geschützt sind und zur Messung ein paar Sekunden möglichster Windstille abgewartet werden. Die erhaltenen Druckwerte trägt man dann unter Berücksichtigung der Druckrichtung zu beiden Seiten einer Nullinie ein (siehe Fig. 8) und verbindet sie durch eine Gerade. Ihr Schnittpunkt mit der Nullinie ergibt die Höhenlage der neutralen Zone. Liegt bei der Untersuchung ein Raum vor, der an einen Nebenraum anstößt, so hat man durch diese Linie die relative neutrale Zone zwischen den beiden Räumen ermittelt. Handelt es sich um einen völlig umschlossenen Raum, dessen Wandung auf keiner Seite mit der Außenluft in Verbindung steht, so muß man die Untersuchungen zuerst zwischen zwei Räumen, dann zwischen dem äußeren Raum und der Atmosphäre vornehmen und die Ergebnisse unter Berücksichtigung der Vorzeichen addieren. Eine rechnerische Kontrolle der experimentell erhaltenen Werte gibt die Formel:

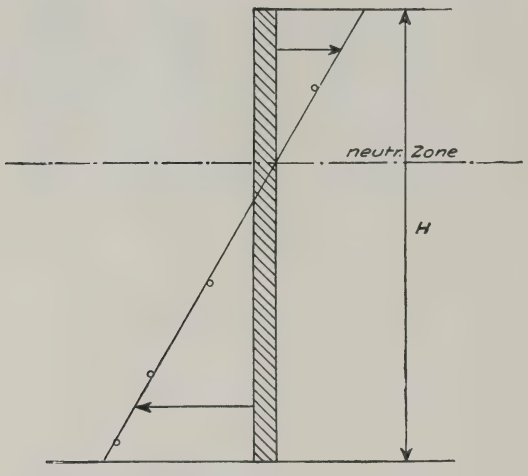


Fig. 8. Aus Weyls Handbuch der Hygiene, 2. Aufl. (Joh. A. Barth, Leipzig 1914.)

$$h = 352 \cdot \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1}\right) \cdot H.$$

In dieser Gleichung bedeutet T_0 die absolute Außenlufttemperatur ($273 + t_0$ ° C), T_1 die absolute Innenlufttemperatur ($273 + t_1$ ° C), H den senkrechten Abstand in m zweier beliebiger Raumpunkte und h den Druckunterschied in mm Wassersäule.

VI. Bestimmung der natürlichen Ventilation (Selbstlüftung).

Die direkte Bestimmung der Größe des natürlichen Luftwechsels eines abgeschlossenen Raumes wird am besten auf chemischem Wege durchgeführt. Man reichert zu diesem Zweck den Kohlensäuregehalt der Raumluft künstlich an und bestimmt ihn zu zwei verschiedenen Zeitpunkten. Die Anreicherung der Kohlensäure kann entweder durch Verbrennen von Leuchtgas, Kerzen oder Spiritus oder besser durch Ausströmen von CO_2 aus einer Bombe erreicht werden. Für gründliche Durchmischung ist Sorge zu tragen. Befinden sich in dem Raume in der Zeit zwischen den beiden Untersuchungen keine Kohlensäurequellen, so errechnet sich der Luftwechsel für diese Zeit nach der Formel von Seidel. Diese Formel und die genaue Methodik der Bestimmung der natürlichen Ventilation s. Bd. I, S. 704.

*) Die anderen Bohrungen sind während dieser Zeit luftdicht zu verschließen.

E. Lüftungsarten.

Außer den genannten natürlichen Lüftungsarten (Selbstlüftung, Ritzenventilation) eines Raumes kennt man die Fenster- und Türenlüftung, sowie die künstliche Lüftung. Im Hinblick auf den räumlichen Wirkungsbereich einer Lüftung unterscheidet man wieder örtliche Lüftungen, die sich auf einzelne Räume beschränken, und zentralisierte Lüftungen (Sammellüftungen), bei denen der Luftwechsel mehrerer oder sämtlicher Räume von einer Stelle aus bewerkstelligt wird.

Die örtliche Lüftung kann erreicht werden:

1. durch Öffnen von Fenstern oder Teilen von ihnen,
2. durch Frischluftzuführung (Einpressen von Luft) oder Anwärmung durch Heizkörper, die in Fensternischen aufgestellt worden sind und
3. durch Raumluftabführung (Absaugen von Luft unter Benutzung von Temperaturunterschieden oder Anwendung von Ventilatoren).

I. Fensterlüftung.

Obwohl man sich im allgemeinen bei Wohnräumen meistens mit der durch Fenster und gegebenenfalls auch durch Türen hervorgerufenen Luftzu- und -abführung begnügt, kann diese einfache Art der Lüftung in unserem Klima für eine ordnungsmäßige Dauerlüftung nicht in Betracht kommen, da die Abhängigkeit von Witterung und Jahreszeit zu groß ist. Diese Lüftungsart eignet sich aber gut dazu, aus Räumen schnell große Mengen Wärme, Gerüche, Qualm, Wasserdunst usw. abzuführen, ohne im Winter Wände, Boden und Einrichtungsgegenstände selbst stark abzukühlen. Nach Beendigung der Lüftung stellt sich die Raumluft schnell wieder auf die notwendige Temperatur ein. Der Luftwechsel kann durch Herstellung von Gegenzug (Querlüftung infolge gleichzeitigen Öffnens von gegenüberliegenden Türen und Fenstern) so stark beschleunigt werden, daß eine vollkommene Lufterneuerung in ganz kurzer Zeit herbeigeführt wird (wichtig z. B. für Schulzimmer oder dergleichen). Allerdings ist eine so intensive Lüftung nur möglich, solange sich keine Menschen in dem Raume aufhalten.

Nach Berlowitz (Ges. Ing. 1912, Nr. 29) kann man die Zeit in Minuten, in welcher eine einmalige Durchlüftung eines Raumes erzielt wird, berechnen. Bedeutet Z diese Zeit in Minuten, V den Rauminhalt in Kubikmetern, F die Größe der Öffnungen in Quadratmetern, H die Höhe der Öffnungen in Meter, t_m die mittlere Raumtemperatur während der Lüftung, t_a die Außentemperatur, so ist $Z = \frac{1{,}18\ V}{F \cdot \sqrt{(t_m - t_a) \cdot H}}$.

Voraussetzung für die Gültigkeit dieser Formel ist allerdings das Vorhandensein von Öffnungen an nur einer Raumseite und in gleicher Höhe, das Fehlen jeglichen Windes und sofortige vollkommene Durchmischung von Frisch- und Raumluft. Nimmt man z. B. den Rauminhalt des Zimmers zu 80 cbm und die Höhe zu 1,5 m an, so ist die Durchlüftungszeit des Raumes Z für verschiedene große Fensterflächen und verschiedene Außentemperaturen aus nachstehender Tabelle zu entnehmen:

Fensterfläche in qm	Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur		
	10° C	15° C	20° C
1,35	18,0	14,8	12,8
1,80	13,5	11,1	9,6
2,25	10,8	8,8	7,8

(n. Berlowitz)

Die nach dieser Formel berechneten Werte sind allerdings als Maximalzahlen anzusehen. Da in Wirklichkeit die Verhältnisse erheblich günstiger sind, als sie die Formel voraussetzen kann, sind nur geringere Zeiten für die einmalige Durchlüftung des Raumes notwendig.

Auf dem Kongreß der amerikanischen Heiz- und Lüftungsingenieure von 1926 in Buffalo ist die Frage erörtert worden, ob die sogenannte Fensterlüftung die lobenden Anpreisungen verdiene, die ihr von vielen Ärzten, Hygienikern und Schulmännern gespendet werden. Als Ergebnis dieser Aussprache bleibt festzustellen, daß die Fensterlüftung nicht bedingungslos empfohlen wird, sondern daß Pulsionslüftung mit Ventilatorenbetrieb dort erforderlich sei, wo die Schulklassen erheblich überfüllt sind, oder wo Geräusche, Schmutz oder Gerüche von der Straße her das Öffnen der Fenster unzulässig machen. Unter Fensterlüftung wird hier aber nicht ein bloßes Öffnen der Fenster verstanden, sondern vielmehr ist ein Fensterlüftungssystem gemeint, das den folgenden sechs Erfordernissen gerecht werden muß:

1. Unter dem unteren Fensterrahmen ist ein Ablenkbrett anzubringen, das einen horizontalen Eintritt der Luft in das Zimmer verhütet, und eine vertikale Ausströmung durch eine Reihe von parallel gekrümmten Platten einleitet.
2. Unter diesem Ablenkbrett muß ein Heizkörper stehen, der die volle Breite des Ablenkbrettes hat und die von diesem ausströmende Luft erwärmt.
3. An der den Fenstern gegenüberliegenden Wand sind Abluftschächte anzubringen, die für einen Schulraum gewöhnlicher Größe einen freien Gesamtquerschnitt von ungefähr 0,75 qm haben soll.
4. Anstatt der bei Pulsionslüftung mit Ventilatoren üblichen Rate des für jeden Schüler erforderlichen Raumes im Klassenzimmer von ungefähr 5,2 cbm muß bei Anwendung der Fensterlüftung für jeden Schüler je nach deren Lebensalter ein Raum von 7,1—9 cbm vorhanden sein.
5. Die Temperatur im Zimmer muß auf ungefähr 19,5° C gehalten werden.
6. Eine Lage der Fenster nach Osten ist bei der Fensterlüftung unbefriedigend, weil sich dabei nicht die vollen Vorteile vorherrschender Winde ergeben würden.

II. Saug- und Drucklüftung.

Bei der künstlichen Lüftung ist in erster Linie für die Zufuhr einwandfreier frischer Luft, und zwar in zugfreier, die Bewohner nicht störender Weise, zu sorgen. Erst in zweiter Linie treten zu den Zufuhreinrichtungen für frische Luft auch Vorkehrungen zur Ableitung der verbrauchten Luft. Gleichgültig ob von einer mechanischen Luftförderung Gebrauch gemacht wird oder nicht, unterscheidet man zwei Lüftungssysteme, nämlich die Aspirations- oder Sauglüftung und die Pulsions- oder Drucklüftung. Bei der Pulsionslüftung sind die Einrichtungen für die Luftzuführungen zur Erzielung eines Überdruckes im ventilierten Raum unter Tieflegung der neutralen Zone (im Winter) besonders ausgebildet. Bei der Aspirationslüftung hingegen sind Vorrichtungen vorgesehen, die zur Erzielung eines Unterdruckes in den gelüfteten Räumen einen Luftabzug bewerkstelligen (künstliche Hochlegung der neutralen Zone im Winter).

Diese beiden Ventilationssysteme leisten in bezug auf die Reinheit der Luftzufuhr nicht dasselbe. Bei Pulsionslüftungen ist man in der Lage, die Luftentnahmestelle aus dem Freien so zu wählen, daß die Qualität der in den Raum eingeführten Luft einwandfrei ist. Bei der Aspirationslüftung, wo man zwar der abströmenden Luft besondere Wege weist, ist man hinsichtlich des Ersatzes der abgesaugten Luft aber häufig Zufälligkeiten ausgeliefert. Abhängig von der Beschaffenheit der näheren Umgebung ihres Entnahmeortes (Abortanlagen, Küchen usw.) kann die einströmende Luft unter Umständen von schlechterer Beschaffenheit sein als die abströmende. Man ist allerdings in der Lage, die Aspirationslüftung der Pulsionslüftung dadurch ungefähr gleichwertig zu machen, daß neben den Abluftkanälen noch besondere, weite und damit wenig Widerstände bietende, an einwand-

freien Stellen mündende Zuluftkanäle angeordnet werden, die die Zufuhr von Luft unkontrollierbarer Herkunft (durch zufällig vorhandene Öffnungen) ohne weiteres ausschließen. Hinzu kommt noch, daß die Sauglüftung verstärkte Luftzufuhr gerade in der Aufenthaltszone der Bewohner bewirkt und somit insbesondere bei tieferen Außentemperaturen infolge Abkühlung der Wandtemperaturen auch eine ungünstige Beeinflussung der Raumlufttemperatur nach sich zieht. Ein Aufenthalt der Bewohner in der Nähe der Fenster ist daher im Winter meist mit starker Zugbelästigung, die bei kälterer Zuluft besonders unangenehm empfunden wird, verbunden. Im Gegensatz zur Aspirationslüftung bewirken diese Stellen (untere Teile der Fenster, Fugen, Ritzen u. dgl.) bei der Drucklüftung im Winter gerade das Hinausgelangen der eingeführten Luftmassen. Sie macht somit die Fensterplätze zum angenehmen Aufenthalt. Nach Flügge ist die Pulsionslüftung in Wohnräumen am häufigsten angezeigt, außer in allen den Fällen, wo es sich darum handelt, inmitten größerer Gebäude einzelne Räume zu ventilieren, in denen üble Gerüche, Staub, Infektionserreger in die Luft übergehen (Klosetts, Räume mit übelriechenden Kranken, Sektionssäle usw.). Eine Pulsionslüftung würde unter diesen Umständen die üblen Gerüche usw. in die übrigen Teile des Raumes drücken. Hier kann lediglich eine Aspirationslüftung gewählt werden, und das Absaugen der Luft hat an der Stelle zu erfolgen, wo sich der Geruch, Staub usw. entwickelt und muß auf kürzestem Wege und ohne mit anderen Menschen in Berührung zu kommen nach Möglichkeit über Dach ins Freie geführt werden.

Mit Recht weist übrigens Recknagel auf die in Laienkreisen zu Unrecht weitverbreitete Ansicht hin, daß Abzugslüftungen wohl verständlich seien, daß aber eine Lüftungseinrichtung ausschließlich mit Luftzufuhrbetrieben nicht von besonderer Wirkung sein könne. Man ist aber, abgesehen von mechanischen Hilfsmitteln, sehr wohl in der Lage, bei den Luftzuführungskanälen durch entsprechend hohe Vorwärmung der Ventilationsluft die in den Raum hineindrückenden Kräfte zu erhöhen, ähnlich wie man bei Abzügen durch Erwärmung der Luft die absaugende Kraft erhöht. In beiden Fällen sind also für den Luftwechsel durchaus die gleichen Bedingungen gegeben und man muß weiterhin sogar bedenken, daß bei ausschließlich vorhandenen Abzügen die abgesaugte Luft sich durch die zufälligen Öffnungen und Poren der Raumumschließungen ergänzt, die aber bei einseitiger Luftzuführung gerade für den Abzug der Abluft dienstbar werden. Diese Erkenntnis muß auch bei der Regulierung von Lüftungsanlagen mehr Beachtung finden und einem Übermaß von Lüftung sollte dementsprechend zunächst durch Verminderung der künstlich abgeführten Luft (allmählicher Abschluß der Abluftkanäle) Einhalt geboten werden. Die Zufuhrkanäle sollten erst dann reguliert werden, wenn die Luftzufuhr auch bei geschlossenen Abluftkanälen noch immer zu groß ist. Bei dieser Art der Regulierung genießt man vor allem im Winter den Vorteil einer tiefliegenden neutralen Zone und unterbindet so das Eindringen kalter Luft durch Fugen und Ritzen, die sonst eine Erniedrigung der Fußbodentemperatur infolge der sich darauf ausbreitenden kalten Luftschichten mit sich bringt.

III. Motoren.

Die Leistung und Regulierfähigkeit einer Ventilationsanlage ist von der Art des angewandten Motors abhängig. Als Motoren kommen in Frage Wind, Temperaturdifferenzen und Maschinen.

Wegen der häufig wechselnden Richtung und Stärke des Windes ist es nicht zweckmäßig, sich ausschließlich auf ihn zu verlassen; er muß jedoch bei jeder Ventilationsanlage berücksichtigt werden. Zur Unterstützung einer Anlage durch Wind läßt man ihn auf die Luft der Abfuhrkanäle aspirierend wirken (Schornsteinaufsätze, Aspirationsaufsätze s. Fig. 9). Ebenfalls hierher gehört auch die Firstventilation, bei der der Dachfirst gleichsam aus dem Dach herausgeschnitten und höhergehoben wird; der Zwischenraum zwischen diesem Stück und dem Dach wird mit Jalousien ausgefüllt. Durch bestimmte Stellung dieser Jalousien kann es erreicht werden, daß der Wind stets von unten nach oben über den offenen Schlitz unter dem Dachfirst wegstreicht und so aspirierend auf die Luft des Innenraumes wirkt. Ebenfalls wären hier Kippfenster, Lüftungsklappen, Jalousiefenster, Schiebefenster u. dgl. zu nennen. Soll der Wind pulsierend wirken, so wendet man Preßköpfe an, durch welche Frischluft in die Räume gepreßt wird. Die

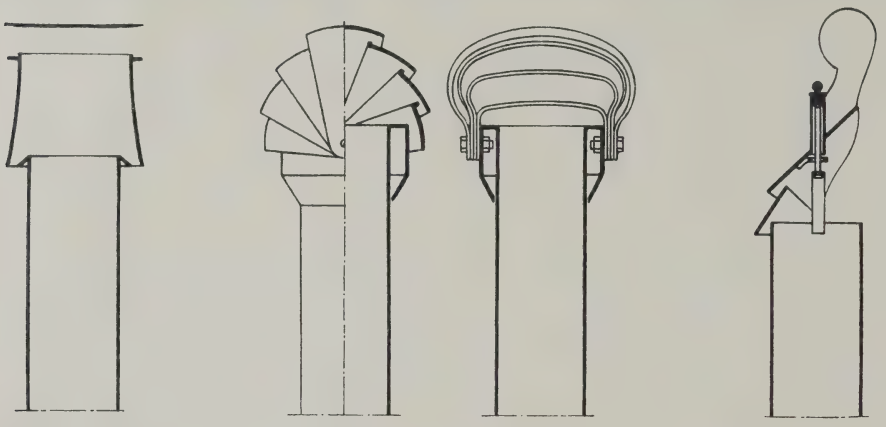


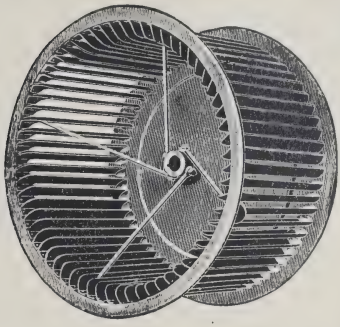
Fig. 9. Gebräuchliche Arten von Luftsaugern. Aus Spitta, Grundriß der Hygiene. (Jul. Springer, Berlin 1919.) a Wolpertscher Rauch- und Luftsauger, b Groves Schornsteinaufsatz, c Johnscher Schornsteinaufsatz (nach Rietschel).

Öffnungen der Preßköpfe müssen stets der Windrichtung entgegengerichtet sein (Ventilation der unteren Schiffsräume).

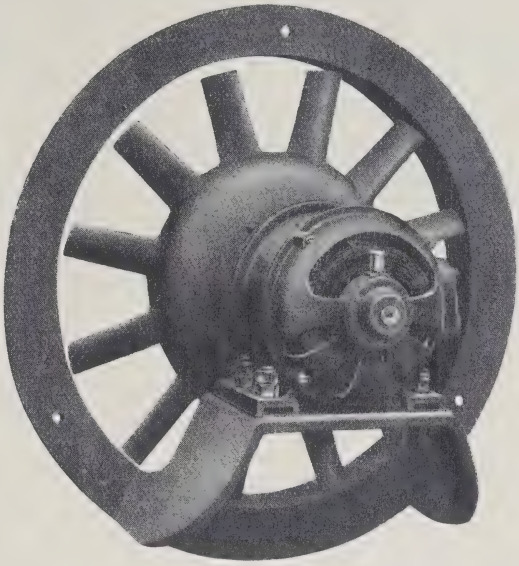
Wird als Motor ausschließlich die Druckdifferenz der in Frage kommenden kalten und warmen Luftsäulen für die Bewegung der Luft verwendet, so spricht man von Lüftungsanlagen, beruhend auf Temperaturunterschieden. Der Leistungseffekt solcher Lüftungsanlagen ist in den Übergangsjahreszeiten, wo meistens größere Temperaturdifferenzen fehlen, sehr gering. Um bei 10° Temperaturdifferenz noch nennenswerte Luftmengen zu fördern, bedarf es schon der Anordnung von sehr erheblichen Querschnitten der Lüftungskanäle.

Besonderen Vorteil bieten maschinell betriebene Lüftungsanlagen, weil sie eine sehr feine Regulierung gestatten. Hier wären zu nennen: Schleudergebläse für hohen Druck, Zentrifugalventilatoren (Modell Prof. Junkers), Hohlschaufellüfter mit elektrischem Antrieb, Schraubenventilatoren mit Wasserturbinen für den Anschluß an Druckwasserleitungen (Modell Pfister & Schmidt, München), Zentrifugalventilatoren mit Wasserturbinen für den Anschluß an Druckwasserleitungen (Pfister & Schmidt, München) u. a. m. (s. Fig. 10).

Auf die besonderen technischen Einrichtungen kann im Rahmen dieses Abschnittes nicht näher eingegangen werden. Ebenso können die Arten und Einzelteile von Sammellüftungsanlagen hier nicht weiter be-



a



b

Fig. 10. a Flügelrad eines Meteor-Zentrifugalventilators. Hersteller: Theodor Fröhlich, Berlin.

b Hohlschaufellüfter mit Elektromotor. Hersteller: Hugo Junkers, Dessau.

sprochen werden. Für alle diese technischen Fragen sei auf die ausgezeichneten Lehrbücher von Recknagel, Schachner und Dietz verwiesen*).

IV. Die Anordnung der Zuluft- und Abluftkanäle.

Die Frage, wo die Ventilationsöffnungen im Raume anzubringen sind, ist nicht generell zu entscheiden. Eine Zusammenstellung der verschiedenen Arten von Raumlüftungen gibt die beigegebene Fig. 11 wieder. Die Anordnung der Einströmungsöffnungen im unteren Drittel des Zimmers ist nur dann zulässig, wenn die Außenluft, wie es im Hochsommer der Fall ist, ungefähr die gleiche Temperatur hat wie die Zimmerluft (Sommerlüftung). Anderenfalls ist mit dieser Anordnung stets eine zu lästige Zugempfindung verbunden. Während des größeren Teiles des Jahres sind die Zufuhröffnungen stets über Kopfhöhe anzubringen, und auch dann ist dem Luftstrom zunächst eine Richtung nach oben zu geben. Von da soll sich die Luft dann allmählich abwärts senken und ist dann unten abzuführen. Diese Abführung erfolgt durch über Dach gehende Kamine entweder mit besonderen großen Öffnungen im Zimmer oder mit offenen Sammelkanälen, die mit Hilfe von Holzpaneelen u. dgl. am Fuße der kältesten Wand angelegt werden (Winterventilation). Diese Anwendung ist sowohl für Pulsions- als auch für Aspirationsanlagen einzuhalten.

Lüftung von oben nach unten kann nur für höhere Räume in Betracht kommen, in deren oberen Teilen sich keine Menschen aufhalten.

Die Arten der einzelnen Lüftungen (Aufwärtslüftung, Abwärtslüftung, Lüftung von oben nach oben usw.) nach Maßgabe der jeweils ge-

*) Jede größere zentrale Lüftungsanlage erfordert dauernd sachgemäße Bedienung und Überwachung, wenn sie zur Zufriedenheit arbeiten soll.

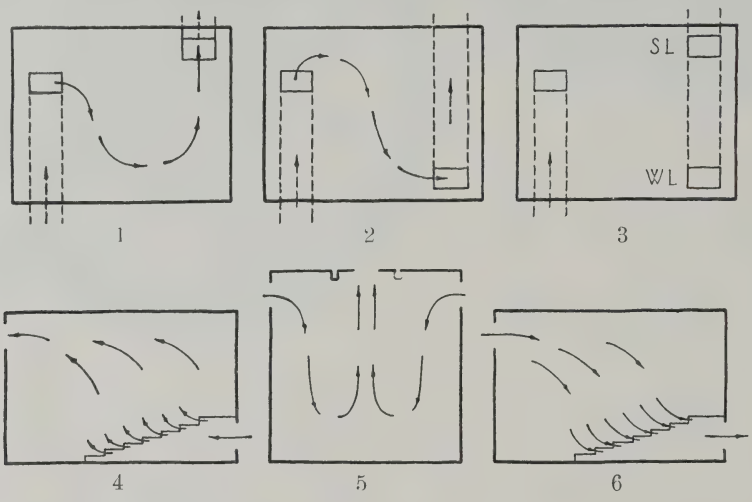
gebenen Verhältnisse zu beurteilen und zur Anwendung zu bringen, ist Sache eines erfahrenen Lüftungsfachmannes.

V. Vorschläge für billige Lüftungsmaßnahmen in Kleinhäusern.

Auf Grund eingehender Untersuchungen von R. Flügge wird für die Lüftung in Kleinhäusern von C. Flügge folgendes vorgeschlagen:

1. Die durch zufällige Undichtigkeiten des Baues sich vollziehende Lüftung reicht nicht aus.

2. Die künstliche Lüftung des Kleinhauses darf weder für Anlage noch für Betrieb Unkosten verursachen; es ist nur mit dem Wind und mit vorhandenen Temperaturunterschieden als Motor zu rechnen.



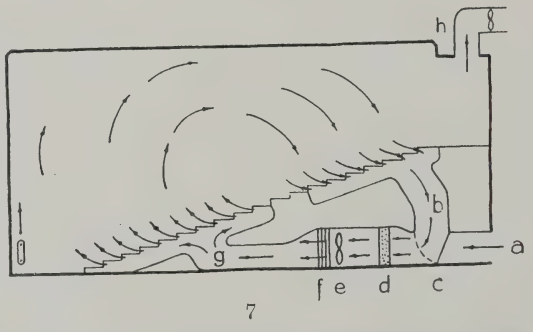


Fig. 11. Verschiedene Arten von Raumlüftungen. 1 Zuluft kühler als Raumluft; 2 Zuluft wärmer als Raumluft; 3 häufig getroffene Anordnung. Luftabführung mittels sogenannter Sommer- und Winterlüftung (obere und untere Abzugsöffnung); 4 Lüftung von unten nach oben; 5 Lüftung von oben nach oben; 6 Lüftung von oben nach unten; 7 Lüftung eines großen Hörsaales der technischen Hochschule München nach Vorschlag von Derigs-München. Schematische Darstellung. *a* Frischluftzuführung, *b* Umluftrücklauf, *c* Mischklappe, *d* Filter (Delbag Viscin F.), *e* Gebläse, *f* Lamellenkalorifer, *g* (Warm-) Luftzuführung, *h* Abluftöffnungen nach Sammelkanal mit Gebläse. Aus Schachner, Gesundheitstechnik im Hausbau. (R. Oldenbourg, München und Berlin 1926.)

3. Fensterlüftung ist nur ausnahmsweise für kurze Zeit anwendbar.

4. Bei der Lüftung durch einseitige Öffnung ganzer Fensterflügel überwiegt nach den angestellten Untersuchungen die durch das Fenster einströmende Luft erheblich den im oberen Abschnitt des Fensters sich einstellenden Ausstrom. Die Größe des durch das geöffnete Fenster erfolgenden Luftwechsels ist in erster Linie abhängig von der Windrichtung; bei ab-

gekehrtem Wind kann Stillstand oder Überwiegen des Ausstroms beobachtet werden. In zweiter Linie ist die Windstärke von Einfluß; Temperaturunterschiede machen wenig aus. Die hauptsächlich im unteren Teil des Fensters eintretende Luft ruft häufig in der Nähe des Fußbodens Zugerscheinungen hervor. Diese Art von Lüftung ist daher zur zeitweisen Lüftung der Wohnräume gut geeignet und von großem Wert; aber nicht geeignet als Dauerlüftung und in der kälteren Jahreszeit, als Dauerlüftung in den Schlafräumen und zur Lüftung in Räumen mit starker Geruchsentwicklung.

5. Lüftung durch kleinere Fensterabschnitte oder Wandöffnungen fördert nur geringe Luftmengen und nur bei günstiger Windrichtung. Falls reichlicher Einstrom vorhanden ist, stellt sich wiederum ungünstige Verteilung und Zugluft in der Nähe des Fußbodens her. Da eine Anlage der Fenster entsprechend der herrschenden Windrichtung nicht möglich zu sein pflegt und Vorrichtungen für eine bessere Verteilung der Frischluft in Kleinhauswohnungen sich schwer anbringen lassen, so entspricht auch diese Art Lüftung nicht den Anforderungen an eine Dauerlüftung für alle Jahreszeiten.

6. Der vorhandene Temperaturunterschied, der während der Heizperiode zwischen Außen- und Innenluft besteht, läßt sich für eine Zufuhr von vorgewärmter Frischluft ausnützen, wenn ein einfaches Blechrohr von außen an den Heizkörper herangeführt wird. Für eine Dauerlüftung der Wohnräume im Winter erscheint diese Vorrichtung als die am meisten empfehlenswerte.

7. Für Lüftung der Schlafräume und als Dauerlüftung für die Wohnräume in der wärmeren Jahreszeit ist Absaugung durch über Dach gehende und dort mit einer einfachen Bekrönung versehene Rohre wünschenswert. Auch für den Abort ist Unterdrucklüftung vorzusehen. Sollte beim Abort nur Fensterlüftung möglich sein, so ist nach Uber für die Einschaltung eines Vorraumes zu sorgen, der durch ein nach außen führendes Rohr dauernd unter Unterdruck steht und die Verbreitung der Gerüche ins Haus verhindert.

VI. Andere Maßnahmen zur Verbesserung der Luftbeschaffenheit.

Andere Maßnahmen zur Verbesserung der Luftverhältnisse in Räumen sind Luftbefeuchtung, Ozonisierung, Luftbewegung und Kühlung. Allerdings muß man betonen, daß durch alle diese Maßnahmen keine Luftreinigung oder Verbesserung im Sinne einer Lüftung erreicht wird.

Bei der Ozonisierung handelt es sich um eine Geruchsverdeckung, weil durch den Ozongehalt verschiedene Gerüche zweifellos zerstört, andere gemildert werden. Da die zur Anwendung kommende Konzentration des Ozons sehr gering ist, kommen seine angenehmen und erfrischenden Eigenschaften wohl zur Wirkung, ohne schädlichen Einfluß zu haben (bei höheren Konzentrationen ruft Ozon Reizerscheinungen der Atemschleimhäute hervor). Eine Entkeimung der Luft durch Ozonisierung ist nicht zu erwarten.

Für technische Anlagen kommt als obere Konzentrationsgrenze 0,5 mg pro Kubikmeter in Frage. Normale Lüftungsanlagen überschreiten selten die Konzentration 0,1 mg pro Kubikmeter. Konzentrationen bis zu 1 g pro Kubikmeter können vorübergehend ohne Schaden ertragen werden. Es darf für Lüftungszwecke nur reines Ozon verwandt werden, insbesondere muß die Bildung von Stickoxyden und salpetriger Säure vermieden werden.

Ozonisierungsanlagen sind dort angezeigt, wo ein sonst sehr stark notwendiger Luftwechsel durch ihre Verwendung eingeschränkt werden kann (Badeanstalten, industrielle Betriebe, Tresorräume der Banken, Auswandererschiffe u. dgl.). Ein Nachteil des Betriebes ist es, daß es bisher noch keine Meßmethoden gibt, die eine laufende Kontrolle der Konzentration des zugeführten Ozons in der betreffenden Luft gestatten. Die Ozonanlagen müssen daher als Apparate für bestimmte Leistung gebaut werden und im Betrieb mit einer Lüftungsanlage gekuppelt werden, deren Luftförderung quantitativ bekannt ist. Luft- und Ozonmenge müssen also stets im gleichen Sinne geregelt werden.

Eine Befeuchtung der Luft geheizter Zimmer soll nach neueren Untersuchungen für gesunde Menschen nicht nötig sein, zumal die Luftbefeuchter auf Heizkörpern, wie experimentelle Prüfungen verschiedener Systeme ergeben haben, unwirksam sind (Fleischer, Bürgers und meist Fleischer). Eine gewisse Berechtigung haben Wasserzerstäubungsapparate, z. B. der Pröttsche Zerstäuber der A.E.G., weil sie auch zur Zerstäubung desodorierender Flüssigkeiten verwendet werden können (Anwendung in Konzertsälen, Theatern, Kinos, Versammlungssälen u. dgl.).

Luftbewegung (z. B. durch Fächerventilatoren) bewirken nur eine Umwälzung der Raumluft. Diese Umwälzung wird meist sehr angenehm empfunden, weil sie die Wärmeabgabe des menschlichen Körpers erheblich fördert. Die Anwendung dieser Fächerventilatoren dürfte an heißen Sommertagen vor allem in niedrigen Räumen gewissermaßen als Zusatzventilation Vorteile bieten.

Einrichtungen, bei denen besondere maschinelle Anordnungen getroffen sind, die Temperatur der Ventilationsluft herabzusetzen (Luftkühlung), werden selten gebaut, weil sowohl Anlage wie Betriebskosten verhältnismäßig hoch sind.

Ganz andere Wege hinsichtlich der Erneuerung und Reinigung der Luft in geschlossenen Räumen geht neuerdings A. Wolff. Mit der Wolffschen Neuluftanlage wird es möglich, im völlig geschlossenen Umlaufsystem ohne jegliches Hinzutreten von Frischluft eine hygienisch einwandfreie Atemluft zu schaffen, vorausgesetzt, daß der Sauerstoffverbrauch in den üblichen Grenzen bleibt. Bei einer solchen Anlage werden die seitherigen Wege, bei denen immer der Ausgangspunkt eine möglichst reine Frischluftquelle war, verlassen. Die verbrauchte Luft wird nach dem Wolffschen Verfahren an der Decke abgesogen und vermittels eines Pumpenwerkes und des Rieselverfahrens in feinste Bläschen zerwirbelt. Sie strömt dann einer ozonhaltigen elektrokolloiden Lösung entgegen, die aus einem Regenerationsbehälter automatisch zuläuft. Diese Reinigung findet in einem großen Rieselturm statt. Danach kann die Luft je nach Bedarf noch getrocknet, erwärmt oder gekühlt werden. Die Zuführung der gereinigten Luft erfolgt im oder neben dem Fußboden. War die verbrauchte Luft staubhaltig, so ist zur Schonung der Anlage ein mechanisches unverbrennbares Luftfilter mit der Leistung von etwa 1 qm 4000 cbm vorzuschalten. Trotz 10maligen Luftwechsels in der Stunde und großer Temperaturunterschiede zwischen der Aus- und Einströmungsluft sollen keinerlei Zugluftерscheinungen auftreten. Wieweit sich diese Anlagen in der Praxis einbürgern werden, läßt sich heute noch nicht übersehen, jedoch scheint eine weitere praktische und wissenschaftliche Durcharbeitung dieser Idee angezeigt.

F. Luftreinigung.

Zur Luftreinigung gehört die Luftentstaubung und im Zusammenhang damit die Luftentkeimung. Bisher sind unsere gebräuchlichen Ventilationsanlagen nur dazu bestimmt, die Luft von gasigen Beimengungen reinzuhalten und für die Beseitigung übermäßiger Wärme zu sorgen; sie sind im Gegensatz zu laienhaften Anschauungen im allgemeinen nicht dazu bestimmt, die Wohnräume von Staub und Bakterien (Infektionserregern) zu befreien.

Nach Flügge werden die größeren Staubpartikelchen, die die Hauptmasse des Luftstaubes ausmachen, erst durch Luftströme von mehr als 0,2 m Luftgeschwindigkeit fortgeführt. Wenn auch die Luftgeschwindigkeit an den Ein- und Ausströmungsöffnungen ½—1 m pro Sekunde betragen kann, so ist sie im Innern des Zimmers erheblich geringer ($^1/_{1000}$ m und weniger). Eine Entfernung des Staubes und der Infektionskeime aus der Luft gelingt ziemlich vollständig nur durch Anwendung starken Zuges. Selbst das gilt aber nicht für den am Boden, an Möbeln und Teppichen anhaftenden Staub, der nur durch Einwirkung eines kräftigen Saugapparates (Vakuumreiniger) zur Entfernung gebracht werden kann.

Eine andere sehr wertvolle Art der Staubbekämpfung ist die Fixierung des Staubes am Boden, die vor allem in Schulen, Büros und gewissen gewerblichen Betrieben geboten ist. Zur Staubfixierung werden die sogenannten staubbindenden Öle benutzt, die in der Hauptsache aus Mineralölen bestehen. Durch diese Maßnahme wird auch der Bakteriengehalt der Luft recht günstig beeinflußt und nach angestellten Untersuchungen sank dieser in geölten Räumen gegenüber Kontrollräumen ohne Ölung um etwa 30—90%.

Dann sind hier noch die Maßnahmen zu besprechen, die getroffen werden können, um die zugeführte Ventilationsluft, bevor sie mit den Menschen in Berührung kommt, zu reinigen. Nach umfassenden Untersuchungen über den Staubgehalt der Luft von 32 deutschen Städten schwankt derselbe zwischen 0,52—3,48 mg im Kubikmeter. Der Jahresmittelwert dieser Städte ist also etwa mit 2,66 mg im Kubikmeter anzusetzen. Ein großer Teil dieses Staubes ist organischer Herkunft und trägt als solcher natürlich zahlreiche Bakterien mit sich. Bei Luftuntersuchungen in Paris wurden z. B. im Kubikmeter Straßenluft im Durchschnitt ca. 5000 Keime gefunden.

Die Mittel zur Reinigung der Ventilationsluft von Staub und Keimen sind ganz verschiedener Art (Naßfilter, Schichtfilter, Tuchfilter). Steht der Raum zur Verfügung, so empfiehlt es sich, die Luft z. B. vor dem Eintritt in die Heizkammer in so große Räume eintreten zu lassen, daß sie ihre Geschwindigkeit ziemlich verliert und Zeit hat, die festen Partikelchen auf dem Boden abzusetzen. Sehr feine Staubteilchen werden auf diese Weise allerdings nicht ausgeschieden und hierfür wäre dann die Einrichtung von Wattefiltern oder keimdichten Barchentfiltern angezeigt.

Auch die Verwendung von Wasser als Waschmittel hat sich bewährt, und es sei hier auf den Wasch- und Kühlapparat von Karl Löhners, München, hingewiesen.

Außer den bekannten und gebräuchlichen Filteranlagen, die mit Koks-, Holzwolle-, Kies- oder Torffüllung arbeiten, sind die Metallfilter

zu erwähnen, die in neuester Zeit die Deutsche Luftfilter-Gesellschaft in den Handel bringt. Der Bauweise nach ist das Delbag-Viscin-Filter der Deutschen Luftfilter-Gesellschaft (s. Fig. 12) ein Schichtfilter, das mit Raschigringen aus kupferplattiertem Eisen (12 mm Durchmesser) gefüllt ist, die mit einer nichtverdunstenden, staubbindenden Flüssigkeit, dem Viscinol oder Bakterizidol, benetzt sind. Eigene Untersuchungen bestätigen die Mitteilungen der Deutschen Luftfilter-Gesellschaft, daß durch dieses Filter die Luft einen recht erheblichen Reinheitsgrad bekommt, und auch der Keimgehalt außerordentlich günstig beeinflußt wird.

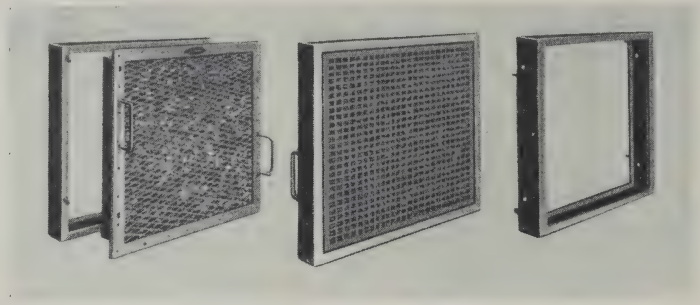


Fig. 12. Delbag-Viscin-Luftfilter-Einsatzrahmen mit Filterzelle.

Zur experimentellen Prüfung dieser Luftreinigungsanlagen kann man sich verschiedener Verfahren bedienen. Eine ausführliche Zusammenstellung der gebräuchlichsten und bewährten Luftuntersuchungsmethoden auf Staub und Keimgehalt befindet sich in Bd. I dieses Handbuches S. 713—745.

Literatur.

Berlowitz, M., Dr. ing. und Hottinger, M., Lüftung und Heizung. Weyls Handbuch der Hygiene, Bd. 4, 3. Abt., 2. Aufl. Verlag J. A. Barth, Leipzig 1913.
Brabbée, K., Dr., G. Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik. Ein Hand- und Lehrbuch für Architekten und Ingenieure. Zwei Bände. Verlag Julius Springer, Berlin 1925.
Bürgers und Fleischer, Die Trockenheit der Luft in geheizten Räumen, Ges. Ing. 1926.
Czaplewski, Dr. und v. Kupffer, L. Ad., Bericht über den IX. Kongreß für Heizung und Lüftung in Köln a. Rh., S. 66 und 143. Verlag R. Oldenbourg, München 1913.
Dietz, L., Dr., Lehrbuch der Lüftungs- und Heizungstechnik mit Einschluß der wichtigsten Untersuchungsverfahren. 2. Aufl. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1920.
Fischer, H., Dr., Heizung und Lüftung der Räume, Handbuch der Architektur, 3. Teil, Bd. 4, 3. Aufl. Verlag Gebhardt, Leipzig 1908.
Flügge, Grundriß der Hygiene. Berlin-Leipzig 1921.
Ders., Ztschr. f. Hyg. u. Infektionskrankheiten, Bd. 96.
Gramberg, A., Dr. Ing., Heizung und Lüftung von Gebäuden. Ein Lehrbuch für Architekten, Betriebsleiter und Konstrukteure. Verlag J. Springer, Berlin 1909.
Hencky, Die Wärmeverluste durch ebene Wände. München-Berlin 1921.
Hirsch, Ges. Ing. 1926, H. 13.
Hottinger, M., Heizung und Lüftung, Warmwasserversorgung, Befeuchtung und Entnebelung, Leitfaden für Architekten und Bauherren. Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1926.
Kißkalt, Der Einfluß von Temperatur und Winddruck auf die Selbstlüftung. Ges. Ing. 1913, H. 47.
Ders., Versuche über Desodorierung. Ztschr. f. Hyg. u. Infekt.-Krankh., 1912, 17.
Ders., Gesundheitsschädigung in der Wohnung durch schlechte Luft usw. D. Vierteljahresschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1913.

Konrich, Zur Verwendung des Ozons in der Lüftung. Ztschr. f. Hyg. u. Infekt.-Krankh. 1913, 73.
Korff-Petersen, A., Prof., Fortschritte in der Lüftungs- und Heizungshygiene. D. med. Wochenschr. 1915, 41.
Küster, Arbeiten aus dem Reichsgesundheitsamt 1926, Bd. 57.
Lee, F. S., Physiolog. Problems of Vent. Journ. of Ind. a. Eng. Chem. 1914, 6.
Lang, Über natürliche Ventilation usw. Stuttgart-München 1877.
Leopold, Schulraumventilation. Tijdschr. v. Geneeskunde 1924, 4.
Lorentz, Zum Stande der Lüftungsfrage. Techn. Gemeindebl. XXVI, 21.
Ders., Zum heutigen wissenschaftlichen Stande der Lüftungsfrage in Amerika. Ges. Ing. 1925, 12.
Lehmann, Methoden der praktischen Hygiene. Wiesbaden 1901.
Muntner, Über Luftbefeuchtung, Ges. Ing. 1926.
Ohmes, Heizungs-, Lüftungs- und Dampfkraftanlagen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1912.
Recknagel, G., Lüftung und Heizung (Sonderdruck aus dem Handbuch der Hygiene, herausgegeben von Dr. M. Rubner, Dr. M. Gruber und Dr. M. Ficker). Verlag S. Hirzel, Leipzig 1915, und Handbuch der Hygiene Rubner, Gruber, Ficker, 2. Bd., 1. Abt., 1927.
Schachner, Rich., Gesundheitstechnik im Hausbau. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1926.
Schwarz, Ztschr. f. Hyg. u. Infekt.-Krankh. 1922, Bd. 95.
Wolff, Erneuerung und Reinigung usw. Zentralbl. f. Gewerbehyg. u. Unfallverhütung 1925.
Wolpert, A., Dr. und Wolpert, W., Dr., Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Handbuch der Ventilation und Heizung mit Einschluß der Hilfswissenschaften. Bd. 3: Die Ventilation, 4. Aufl. Verlag W. u. S. Loewenthal, Berlin 1901.

Heizung.

Von

Prof. Dr. **A. Korff-Petersen** (†) und Dr. **W. Liese.**

(Bearbeitet von Dr. W. Liese, Berlin.)

Mit 13 Abbildungen im Text.

A. Allgemeines; Verbreitung und Übertragung der Wärme.

Das Wohnhaus soll seine Bewohner nicht nur gegen die Unbilden der Witterung im allgemeinen schützen, sondern es soll auch in der Lage sein, die Temperaturen der Innenräume möglichst unabhängig zu machen von plötzlichen und periodischen Schwankungen der Außentemperatur, wie sie der Wechsel der Tages- und Jahreszeiten mit sich bringt. Die Temperatur der Raumluft soll möglichst konstant sein und sich in ihren Schwankungen in Grenzen bewegen, die etwa zwischen 17° und 22° liegen.

In unseren Gegenden ist die Periode der Jahreszeiten, in der wir auf eine künstliche Erwärmung unserer Räume bedacht sein müssen, die größere. Wir können im Durchschnitt die sogenannte Heizperiode mit 200 Tagen, also etwa rund 7 Monaten, ansetzen. Diese Zeit ist lang und läßt, zahlenmäßig betrachtet, die große Bedeutung der Heizung in hygienischer und wirtschaftlicher Beziehung erkennen.

Die Entwicklung der Heiztechnik gestattet uns heute, ausnahmslos folgende Grundforderungen an eine moderne, einwandfreie Heizeinrichtung zu stellen:

1. Die Möglichkeit einer raschen, gleichmäßigen und regulierbaren Erwärmung der Räume.
2. Vermeidung gesundheitlicher Schäden (Luftverschlechterung durch Entwicklung giftiger Rauchgase, Brandgefahr).
3. Rationeller Betrieb hinsichtlich Erzeugung und Ausnutzung der Wärme (Beachtung der Beziehung zwischen Wandkonstruktion der zu beheizenden Räume und Art der Heizeinrichtung; Perioden-Dauerheizung, Heizeinrichtung mit oder ohne Wärmekapazität).

Die Wärme ist begrifflich als diejenige Kraft zu definieren, welche die kleinsten Teile eines jeden Körpers, die Moleküle, in ständige Bewegung versetzt und darin erhält. Werden die Schwankungen der Moleküle größer, steigert sich also ihre Bewegung, so empfinden wir einen höheren Wärmegrad als im entgegengesetzten Falle, wenn die Bewegung der Moleküle schwächer wird.

Zur Messung der Wärmegrade bedient man sich eines Thermometers, das bei einer Quecksilberfüllung für Wärmegrade von -30^0 bis $+330^0$, bei Weingeistfüllung für solche von -100^0 bis $+78^0$ verwendbar ist. Vgl. Näheres in der „Allgemeinen Methodik“ in Bd. I, S. 160.

Handelt es sich darum, Temperaturen auf Wandoberflächen oder in den Wänden selbst zu messen, so bedient man sich am besten der Thermoelemente.

Beim Thermoelement wird die elektromotorische Kraft benutzt, die durch Temperaturdifferenzen an den Kontaktstellen zweier Metalle auftreten. Zwei gleich lange thermoelektrisch wirksame Drähte werden aneinander- und mit den anderen Enden an Kupferdrähte gelötet. Die erste

Lötstelle wird an den Punkt gebracht, dessen Temperatur bestimmt werden soll und die beiden anderen Lötstellen werden zusammen auf konstanter Temperatur gehalten (Ölbad bei Zimmertemperatur; oder Eisbad bei 0°). Die freien Enden des Elementes werden zu einem Galvanometer geleitet (am besten Spiegelgalvanometer von mäßigem Widerstande). Um an einer Wand mit demselben Element die Temperatur an verschiedenen Punkten bestimmen zu können, kann man sich auch mehrere Lötstellen herstellen (z. B. 6 Lötstellen: 3 zum Messen, 3 zusammengefaßt im Ölbad). Für den praktischen Gebrauch bei Temperaturen zwischen 0° und 100° ist die Kombination Kupfer-Eisen, Konstantan-Kupfer oder auch Konstantan-Eisen*) sehr zweckmäßig. Alle Lötstellen sollen möglichst gleich lang sein.

Die Eichung eines Thermoelementes wird folgendermaßen vorgenommen:

Während die eine Lötstelle im entsprechenden Bade auf konstanter Temperatur gehalten wird, wird die andere Lötstelle mit einem feinen Fädchen an der Quecksilberkuppe eines geeichten Normalthermometers so befestigt, daß Kuppe und Lötstelle gut berührt nebeneinander liegen (Thermometer mit Eichschein der Physikalischen Technischen Reichsanstalt Charlottenburg). Die Ableitungsdrähte sind am Galvanometer festgeklemmt. Nunmehr wird das Thermometer und die daran befestigte Lötstelle in ein Becherglas mit Wasser getaucht, das eine Temperatur von etwa 70° haben möge. (Je nach benötigtem Meßbereich.) Im Augenblick, wo das Quecksilberthermometer gerade 70° zeigt, wird das Galvanometer eingeschaltet, im Moment der ruhigen Einstellung abgelesen und der Ausschlag notiert. Auf Millimeterpapier, dessen Abszisse die Temperaturgrade des Quecksilberthermometers in C trägt, und dessen Ordinate die Skala des Galvanometers wiedergibt, wird der Schnittpunkt der 70°-Linie mit der erhaltenen Galvanometerskalalinie als Fixpunkt markiert. Jetzt wird das Wasser im Becherglas durch Zugabe von kaltem Wasser allmählich abgekühlt (sorgfältig umrühren), etwa bei 60°, 50°, 40°, 30° usw., der Galvanometerausschlag wieder abgelesen und die erhaltenen Fixpunkte jedesmal markiert, bis zum Punkte der Temperaturgleichheit mit dem Medium, in dem sich die konstant gehaltene Lötstelle des Elementes befindet. Wenn richtig gearbeitet ist, liegen die erhaltenen Fixpunkte im Diagramm annähernd auf einer geraden Linie, die den Nullpunkt des Koordinationssystems in mäßiger Abweichung schneidet. Das Eichungsdiagramm wird beim Arbeiten mit dem betreffenden Element benutzt, um für die beobachteten Galvanometerausschläge die zugehörigen Temperaturen in C aus ihm zu entnehmen. Für jedes Thermoelement ist die Aufstellung eines solchen Diagramms nötig, das in gewissen Zeitabständen kontrolliert werden muß.

Bei einem Thermoelement, das zum Messen der Temperatur eines festen Körpers (z. B. Wand) in eine enge Bohrung eingeschoben ist, treten nach Untersuchungen von Hausen-München Meßfehler auf, wenn die Eintauchtiefe zu klein ist. Der Wärmeübergang zwischen dem Körper und dem Thermoelement ist durch gute Berührung beider zu ermöglichen. Unter Umständen ist Ausgießen der Bohrung mit einer elektrisch nicht leitenden Flüssigkeit, Einkitten des Thermoelementes oder sorgfältiges Einklemmen angezeigt. Weiter empfiehlt es sich, die Drähte der Thermoelemente ein beträchtliches Stück in oder an den Flächen entlang zu leiten, deren Temperatur bestimmt werden soll.

*) ⟨. . . . . Eisen-Konstantan-Eisen . . . . . ⟩
z. Galvanometer Lötstelle Lötstelle z. Galvanometer

Höhere Wärmegrade kann man mit verschiedenartig konstruierten Pyrometern messen (Optisches Pyrometer nach Holborn-Kurlbaum).

Die Wärmemenge pflegt man in Wärmeeinheiten (WE) anzugeben*).

Eine WE ist diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 1 kg Wasser um 1° C zu erwärmen. Streng genommen müßte man eigentlich die Wärmeeinheit als diejenige Menge Wärme definieren, die erforderlich ist, um 1 kg Wasser von 15° um 1° C zu erhöhen, weil sich die spezifische Wärme des Wassers mit der Temperatur nicht unbeträchtlich ändert. Die spezifische Wärme gibt diejenige Menge von WE an, die nötig ist, um 1 kg eines Körpers um 1° C zu erwärmen. So hat z. B. bei Wasser von 0° die spezifische Wärme den Wert 1,0091, bei Wasser von 75° hin-

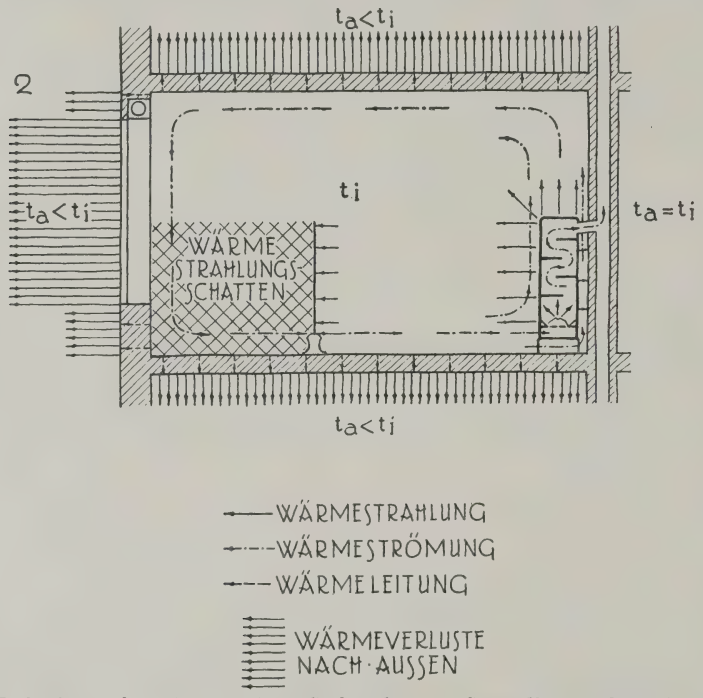


Fig. 1. Verbreitung der Wärme. (Aus Schachner, Gesundheitstechnik im Hausbau.) (R. Oldenbourg, München und Berlin, 1926.)

gegen beträgt sie 1,007. Für praktische Zwecke kann die spezifische Wärme zwischen Temperaturen von 15°—20° als unveränderlich angesehen werden.

Die Verbreitung bzw. Übertragung der Wärme geschieht durch Strahlung, Leitung und Strömung (s. Fig. 1). Die Wärmestrahlung vollzieht sich zwischen allen Körpern verschiedener Temperaturen. Bei geringen Temperaturunterschieden ist sie praktisch von wenig großer Bedeutung. Bei höherer Temperatur nimmt sie jedoch ganz wesentlich zu.

Man unterscheidet bei der Wärmestrahlung die „sichtbare Strahlung" (Ausnutzung bei offenen Feuern, Kaminen u. dgl.) und die „dunkle Strahlung", die von jeder Heizquelle ausgeht. Ihrer Natur nach sind die Strahlen beider Strahlungsarten gleich, nur besteht die „dunkle" Strahlung aus Strahlen größerer Wellenlänge (infraroter Teil des Spektrums; Wellenlänge 0,00076 bis 0,06 mm).

*) Übersicht: 1 Watt = 0,00 136 PS = 0,2388 Grammkalorie/Sek.

Die Strahlungsstärke ist dem Quadrat der Entfernung umgekehrt proportional. In der vierfachen Entfernung von der Wärmequelle z. B. ist nur noch der 16. Teil der Strahlung wirksam. Bei kleinen Temperaturunterschieden zwischen dem strahlenden und bestrahlten Körper etwa bis 40° steht die durch Strahlung übertragene Wärmemenge annähernd im Verhältnis der betreffenden Temperaturunterschiede. Sind die Temperaturunterschiede größer, so errechnet sich die Wärme W, die ein Körper von der Oberfläche F und der Temperatur t durch Strahlung an umgebende Körper von der Temperatur t_2 abgibt, mit Hilfe folgender Formel:

$$W = F \cdot C \cdot \frac{\left[\left(\frac{t_1 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_2 + 223}{100}\right)^4\right]}{\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} - \frac{1}{c}} \text{ WE/Std.}$$

In dieser Formel ist c die Strahlungskonstante des absolut schwarzen Körpers, c_1 die des wärmeabgebenden Körpers und c_2 die der umgebenden Körper. Die Beschaffenheit der Oberfläche eines Körpers ist für die Abgabe und Aufnahme von Wärmestrahlen von erheblichem Einfluß. Körper mit rauher und dunkler Oberfläche besitzen großes Emissionsvermögen für dunkle Strahlung, solche mit heller oder glänzender Oberfläche geringes (z. B. weiß glasierte Kachelöfen). Dasselbe Gesetz gilt auch für das Wärmeabsorptionsvermögen, das eben bei Körpern mit dunklen Oberflächen größer ist als bei solchen mit hellen und glänzenden Oberflächen. Daraus erklärt es sich, daß ein Heizkörper von dunkler Farbe trotz kleinerer heizender Oberfläche dieselbe Wärmelieferung haben kann, wie ein hellglänzend gestrichener Heizkörper mit größerer Oberfläche. Entsprechend ist auch die Wärmeaussendung einer Wand beeinflußbar durch die Art und Farbe des Wandanstriches bzw. der Tapete. Bei gleicher Lufttemperatur schafft ein Zimmer mit dunkelgehaltenen Wänden ein stärkeres Wärmegefühl, als es Wände in hellgehaltenem Farbton vermögen.

Eine direkte Messung der Wärmestrahlung wird vom Hygieniker nicht oft zu machen sein, und eine eingehende Besprechung der betreffenden Methoden kann aus diesem Grunde hier unterbleiben. Die bequemste Vorrichtung zu Versuchen über Strahlungswärme ist die Thermosäule nach Melloni oder nach Rubens (Herstellung und Anwendung s. bei Fricks, Physikalische Technik, Verlag Vieweg & Sohn 1909, 2. Bd., II. Abt., S. 1010). Auch die anderen Meß- und Versuchsmethoden mit den Bolometern nach Svanberg, Bauer, Lummer und Kurlbaum und dem Radiometer oder der Lichtmühle nach Crookes sind dort eingehend besprochen.

Tabelle 1. **Wärmestrahlungszahlen.**

Absolut schwarzer Körper	4,61	Sand	3,62
Eisen, matt oxydiert	4,44	Gips	3,60
Ruß	4,44	Holz	3,60
Mauerwerk	4,44	Sägespäne	3,53
Glas	4,0	Wasser	3,20
Gußeisen, roh oxydiert	4,39	Eisen, hochblank poliert	1,33
Papier	3,80	Messing, matt poliert	1,03
Ölanstrich	3,70	Zinkblech, unbearbeitet	1,01
Seidenstoff	3,70	Kupfer, schwach poliert	0,79
Wollstoff	3,70	Zinn	0,22
Baumwollenzeug	3,65	Silber	0,13

Die zweite Art der Wärmeübertragung, nämlich die Wärmeübertragung durch Leitung, wird eingeleitet durch die unmittelbare Be-

rührung der Luftteilchen mit der heizenden Oberfläche. Sie wird dann von einer ruhenden zur anderen ruhenden Luftschicht im Raum infolge Übertragung der Molekülbewegung weitergeleitet. Da aber Gase und Flüssigkeiten schlechte Wärmeleiter sind, so ist die durch direkte Leitung in den Raumluftschichten selbst übertragene Wärmemenge nicht sehr erheblich. Von Bedeutung ist aber die von der heizenden Oberfläche auf die anstoßenden Luftschichten geleitete Wärmemenge, die mit der Größe des Temperaturunterschiedes zwischen Heizkörperoberfläche und angrenzender Luftschicht zunimmt. Bei stärker werdender Luftbewegung, wo also immer aufs neue kältere Luftteilchen mit der heizenden Oberfläche in Berührung kommen können, nimmt die hier übertragene Wärmemenge erheblich zu. In derselben Weise vollzieht sich auch die Wärmeübertragung von der Raumluft auf die Raumumschließungen (Wände, Boden, Decke) und von hier aus schließlich weiter auf die Außenluft.

Die dritte Art der Wärmeübertragung ist die durch Strömung (Konvektion). Hierunter ist im Gegensatz zur Wärmeübertragung durch Leitung diejenige Wärmemenge zu verstehen, die von sich bewegenden und strömenden Luftteilchen weiter transportiert wird. Die Luft dehnt sich bekanntlich bei Erwärmung aus und steigt infolge des dabei kleiner werdenden spezifischen Gewichtes nach oben. Bei eintretender Abkühlung sinkt sie dann wieder nach unten. Daraus resultieren Luftströmungen, die in mehr oder minder geschlossenen Bahnen vor sich gehen und gleichzeitig den Wärmetransport besorgen. Der Strömungsvorgang ist abhängig von der Form des Luftraumes, weil durch ihn die Reibungswiderstände bedingt werden, die dieser Wärmeübertragung durch Konvektion entgegenwirken.

B. Notwendiger Wärmeaufwand für die Heizung eines Raumes.

Außer der Erwärmung der Raumluft auf die gewünschte Temperatur hat die Heizung Ersatz für diejenige Wärme zu schaffen, die durch die Raumumschließungen — Wände, Decken, Fußböden — abströmt. Sie hat ferner die Erwärmung der kalten Luft zu besorgen, die durch Mauerundichtigkeiten, Fenster, Türen usw. eintritt und schließlich auch noch für die durch Lüftung verloren gehende Wärme Ersatz zu schaffen.

Diejenige Wärmemenge, die gebraucht wird, die Raumluft als solche auf die gewünschte Temperatur zu bringen, ist verhältnismäßig gering. Von viel größerer Bedeutung ist die Wärmemenge, die nötig ist, einmal die Raumumschließungen selbst zu erwärmen (Wärmespeicherung) und zum anderen den dauernden Wärmeabfluß durch diese zu kompensieren (Wärmetransmission). Die Wärmemenge, die in den Wänden gespeichert wird, kann je nach ihrer Konstruktion recht erheblich sein und um einen ökonomischen Heizbetrieb einzurichten, genügt es streng genommen nicht, eine einfache Wärmeverlustberechnung auf Grund der Wärmeleitzahl des Baumaterials aufzumachen, d. h. also rechnerisch einfach die Deckung derjenigen Wärme sicherzustellen, die pro Stunde durch die Raumumschließungen usw. abfließt.

Die beiden Faktoren: Wärmeleitung und Wärmespeicherung müßten vielmehr bei der Bewertung der Wärmeverlustberechnung gleichmäßig in Rechnung gezogen werden. Dies ist aber heute noch nicht der Fall. In der Technik wird vielmehr das Augenmerk vorwiegend auf das Wärmeleitvermögen der Baustoffe gerichtet. Rietschel hat, gestützt auf Versuche von Péclet, Wärmedurchgangszahlen für die verschiedensten Bau-

stoffe angegeben, die in den weitesten Kreisen Anerkennung gefunden haben. Neuerdings sind besonders aus dem Institut für technische Physik und dem Forschungsheim für Wärmewirtschaft in München sehr eingehende und sorgfältige Arbeiten über die für den Wärmeverlust durch Leitung in Betracht kommenden Größen hervorgegangen. Die Ergebnisse dieser Forschungen sind von Hencky in seiner Schrift „Die Wärmeverluste durch ebene Wände" in übersichtlicher Weise zusammengestellt worden. Der Einfluß der Wärmespeicherung und vor allen Dingen die Wechselwirkung zwischen Wärmeleitung und Speicherung wird aber noch nicht genügend berücksichtigt. In allgemeiner Form ist auf die hygienische Bedeutung der Wärmespeicherung in den Wänden schon wiederholt hingewiesen worden, vor allem durch Flügge und Nußbaum, die die Vorteile und Nachteile dieser Eigenschaft des Baumateriales vielfach besprochen haben. Auch vonseiten der Heizungstechniker ist die Bedeutung der Wärmespeicherung häufig erörtert worden. Der Gesichtspunkt, von dem die Heizungstechniker das Problem aus betrachten, ist aber von dem des Hygienikers einigermaßen verschieden, da die Techniker ihr Hauptaugenmerk darauf richten, wie unter gegebenen Verhältnissen eine möglichst große Brennstoffersparnis erzielt wird, während der Hygieniker das Wohlbefinden der Bewohner in den Vordergrund stellt.

Schon Péclet macht einige Angaben über die durch das Auskühlen der Mauern verlorene Wärme bei Unterbrechung der Heizung, ohne jedoch auf Einzelheiten einzugehen. In ähnlicher Weise wird in den einschlägigen Lehrbüchern des Heizungs- und Lüftungsfaches diese Frage einfach dadurch erledigt, daß man bei Berechnung der notwendigen Wärmemenge für die Auffüllung des Wärmespeichers gewisse aus der Erfahrung sich ergebende Zuschläge als nötig angibt, während der Einfluß des Wärmespeichers auf den Verlauf der Anheiz- und Abkühlungskurve kaum Berücksichtigung findet. Eingehender behandelt Gramberg (Heizung und Lüftung von Gebäuden, 1909) die Frage der Wärmespeicherung. Er gelangt zu dem Ergebnis, daß hinsichtlich der Brennstoffersparnis verhältnismäßig ungünstige Bedingungen vorliegen, wenn die Masse eines Gebäudes im Verhältnis zur Wärmetransmission groß ist. Freilich ist dann die Abkühlung während der Heizpause nur verhältnismäßig gering, was vom hygienischen Standpunkt aus meist wünschenswert ist. Nur bei sehr großen Gebäudemassen bieten diese einen gewissen Vorteil im heizungstechnischen Sinne, indem dann das Einschieben einer Heizpause wirtschaftlich nicht wesentlich ungünstig wirkt. Bei der Behandlung dieser Fragen geht z. B. Recknagel von der Fourrierschen Theorie aus, während Krell (Ges. Ing. 1907) seine Beobachtungen an Thermometern auf geheizte Räume überträgt und den Begriff des Abkühlungskoeffizienten β einführt. Darunter versteht er die in Stunden ausgedrückte Zeit, welche verfließt, bis die Anfangstemperaturdifferenz eines Raumes oder eines Gebäudes zwischen Innen und Außen bei gleichbleibender Außentemperatur sich auf die Hälfte vermindert. Nach Krell ist diese Zeit bei demselben Körper immer gleich, von welcher Anfangstemperatur man auch ausgeht. Da der Faktor β nicht nur die Wärmetransmission, sondern auch die Wärmespeicherung eines Gebäudes berücksichtigt, würde er zur vergleichenden Charakteristik von Gebäuden sehr geeignet sein. Leider sind die Krellschen Annahmen nur annähernd richtig und entsprechen nicht den tatsächlichen Verhältnissen. Auch die Berechnungen von Recknagel in dieser Hinsicht sind unsicher,

weil sie von Voraussetzungen ausgehen, die in Wirklichkeit niemals gegeben sind. Er gründet seine Berechnungen auf dem Beharrungszustand, bei dem alle einem Raume zugeführte Wärme restlos an die Außenluft abgegeben wird. Dieser besteht in Wirklichkeit aber nie.

Man kann hinsichtlich der praktischen Auswertung des Begriffes „Wärmeleitung" von einem gewissen Abschluß der experimentellen Forschung sprechen. Nur für neuauftauchende Baustoffe wären eventuell die Wärmeleitzahlen neu zu bestimmen. Im Gegensatz dazu sind für die Wärmespeicherung allgemein gültige Schlüsse noch nicht zu ziehen. Wir sind noch nicht in der Lage, voraus zu bestimmen, wie sich ein Haus bei unterbrochener Heizung, die noch heute in der Praxis die Regel bildet, hinsichtlich der Geschwindigkeit des Anheizens bzw. Abkühlens verhalten wird. Insbesondere muß die Frage noch eingehender bearbeitet werden, ob es möglich ist, schon beim Bau des Hauses darauf Bedacht zu nehmen, die wärmespeichernden Teile so zu den schlechtwärmeleitenden anzuordnen, daß ein genügend großer Wärmevorrat vorhanden ist, um eine zu schnelle Auskühlung des Raumes während der Heizpause in der Nacht zu verhüten, wobei aber von der gespeicherten Wärme nicht zu viel ungenützt nach außen abfließen soll. Schließlich ist in diesem Zusammenhang auch noch zu bedenken, ob bei verschiedenen Heizsystemen nicht auch verschiedenartige Anordnungen der einzelnen — in ihrem thermischen Verhalten verschiedenen — Mauerteile zweckmäßig sind.

Zu dieser Frage des Temperaturausgleiches schlägt Nußbaum vor, den inneren Teil der Wände aus wärmespeichernden Stoffen zu machen und ihn außen mit einem Mantel aus schlechtwärmeleitendem Material zu umgeben. Hencky (Bayr. Industrie- und Gewerbebl. 1909) scheint mehr dafür zu sein, den Wärmeschutz innen anzubringen. Korff-Petersen und Liese haben diese Frage zum ersten Male eingehender experimentell studiert und konnten zeigen, daß zweifellos zwischen Art der Wandkonstruktion und Heizeinrichtung bestimmte Beziehungen bestehen, die in hygienischer und wirtschaftlicher Beziehung für die Beurteilung der Heizungsfrage außerordentlich wichtig sind und deren rechnerische Auswertung anzustreben ist (s. Abschnitt E, S. 252).

Für die Größe des Wärmebedarfes eines Hauses oder Raumes ist also unter Umständen der Heizungsfachmann zum geringeren Teile verantwortlich zu machen als der Architekt. Obwohl man heute vom Architekten verlangt, daß er z. B. hinsichtlich der Schornsteinanlagen auf die geplante Benutzung der einzelnen Zimmer Rücksicht nimmt, verlangt man von ihm nicht, daß er die Konstruktion seiner Wände unter Berücksichtigung der vorgesehenen Heizeinrichtung vornimmt. Man muß allerdings zugeben, daß diese Frage an Bedeutung etwas verliert, wenn man auf die Wirtschaftlichkeit eines Hauses in wärmeökonomischer Beziehung und auf die Billigkeit der Bauausführung keinen großen Wert zu legen braucht. In diesem Falle kann man unbedenklich die Mauerstärke einfach so bemessen, daß neben der notwendigen Standfestigkeit ein genügender Wärmeschutz ohne weiteres gewährleistet wird. Sie wird aber außerordentlich wichtig, wenn das Augenmerk auf Baustoff- und Arbeitsersparnisse gerichtet werden muß. Hier tritt sonst leicht der Fall ein, der gerade nach dem Kriege häufig genug beobachtet werden konnte, daß die Ersparnisse, die beim Bau auf Kosten ungenügender Durchbildung der Mauerkonstruktion (Wärmeschutz) gemacht werden, beim Betrieb der Heizeinrichtung doppelt und dreifach wieder verloren gehen. Außerordentlich wichtig sind

diese Fragen überhaupt beim Kleinhausbau, da das Kleinhaus nur bei größter Sparsamkeit in der Ausführung existenzfähig ist und die Bedingungen für den Wärmeschutz hier wegen der verhältnismäßig großen Oberfläche der Außenmauern an sich schon erheblich ungünstiger sind als beim Großhaus.

C. Raum- und Außentemperatur.

Für die Innentemperatur der verschiedenen Räume sind je nach ihrer Benutzung verschiedene Werte anzunehmen. Diese Werte müssen in geheizten Räumen auch bei den tiefsten Außentemperaturen im Winter erreicht werden. In Deutschland müssen wir als niedrigste Außentemperatur -20^0, für Ostdeutschland sogar -25^0 annehmen.

Die Kontrolle der Raumtemperaturen hat in der Raummitte etwa 1,50 m über dem Fußboden zu erfolgen. Bei der Messung ist jede Strahlungs- und Zugeinwirkung zu vermeiden. Brabbée schlägt vor, die Raumtemperatur nicht in Kopfhöhe, sondern in Kniehöhe, 0,5 m über dem Fußboden zu nehmen. Die im folgenden mitgeteilten Raumtemperaturen decken sich mit den Vorschriften des Preuß. Ministers für öffentl. Arbeiten.

A. Geheizte Räume.

Operationszimmer	$+25^0$ C
Krankenzimmer und Baderäume	$+22^0$ C
Geschäfts-, Wohn-, Schlaf-, Mädchenzimmer	$+20^0$ C
Verkaufs-, Sammlungs-, Haft-, Gaststätten und Ausstellungsräume, Schulen	$+18^0$ C
Küchen-, Vorräume, Warteräume	$+15^0$ C
Treppenhäuser, Flure, Kirchen	$+10^0$ C

Die Erwärmung der Räume durch Personen oder Beleuchtung bleibt dabei unberücksichtigt.

B. Ungeheizte Räume.

Ungeheizte oder nicht täglich geheizte abgeschlossene Räume im Keller und in den übrigen Geschossen (außer Dachräumen)	0^0 C
Ungeheizte, öfter von der Außenluft bestrichene Räume, wie geschlossene Durchfahrten, Vorhallen, Vorflure	-5^0 C
Dachraum mit Holzzementdach	-5^0 C
Dachraum mit Dachschalung	-10^0 C
Dachraum ohne Dachschalung	-15^0 C
Dachraum mit Glas- oder Metalldach	-15^0 C

C. Außentemperaturen.

Temperatur des Erdreiches unter dem Kellerfußboden	$+7^0$ C
Temperatur des an vertikale Außenwände anliegenden Erdreichs unter der Erdoberfläche im Mittel	-0^0 C
Niedrigste Außentemperatur in geschützt liegenden Orten der Rheinebene, in Flußtälern in Baden und in Württemberg, in Schleswig-Holstein und im Gebiet der Nordseeküste	-15^0 C
Niedrigste Temperatur in Deutschland im allgemeinen	-20^0 C
Niedrigste Temperatur in Ostdeutschland, ferner an Orten, die mehr als 600 m über dem Meeresspiegel liegen	-25^0 C
Niedrigste Temperatur im europäischen Rußland und Polen	-30^0 C

D. Die wichtigsten Formeln für den Wärmedurchgang durch ebene Wände. Wärmebedarfsberechnung*).

Die Wärmemenge, die durch eine ebene Wand aus homogenem Material strömt, die von beiden Seiten von Luftschichten begrenzt wird,

*) Für die Abfassung dieses Abschnittes sind vor allem die Zahlen und Tabellen von Hencky und Schachner benutzt worden.

deren Temperatur an der einen Wandoberfläche t_1^0 und an der anderen Wandoberfläche t_2^0 beträgt (t_1 größer als t_2), berechnet sich aus der Formel

$$Q = k \cdot F \cdot (t_1 - t_2). \quad (1)$$

In dieser Formel bezeichnet Q die Wärmemenge in kg-Kalorien, die in einer Stunde durch die Wand von der Fläche F hindurchgeht, und k die sogenannte Wärmedurchgangszahl.

Unter der Wärmedurchgangszahl k versteht man diejenige Wärmemenge, welche in einer Stunde durch eine Fläche von 1 qm hindurch geht, wenn die Temperatur der Luft auf beiden Seiten der Wand eine Differenz $t_1 - t_2 = 1^0$ C hat.

Die Formel (1) läßt sich auch noch etwas anders formulieren, wenn man für den Wärmedurchgang die Vorstellung eines Wärmestromes wählt. Ähnlich, wie bei der Wasserströmung die in der Zeiteinheit durch eine Rohrleitung strömende Wassermenge von der Differenz der Wasserdrucke am Ein- und Austritt abhängig ist, hängt die Größe des Wärmestromes von dem Unterschied der Temperaturen ab. Weiterhin ist die durchgehende Wasser- bzw. Wärmemenge umgekehrt proportional dem Widerstand, der auf dem Strömungswege zu überwinden ist. Setzt man diesen Widerstand = K, so ist die in der Zeiteinheit hindurchgehende Wärmemenge Q um so größer, je größer die Fläche und die Größe der Temperaturdifferenz ist. Die Verknüpfung dieser drei Größen ergibt das folgende Formelbild:

$$Q = F \cdot \frac{(t_1 - t_2)}{K}. \quad (2)$$

Kombiniert man die Gleichungen 1 und 2, so ergibt sich die Beziehung

$$K = \frac{1}{k} \quad (3)$$

d. h. der reziproke Wert der Wärmedurchgangszahl k ergibt den Wärmedurchgangswiderstand K.

Dieser eben besprochene Gesamtvorgang des Wärmeaustausches zwischen den beiden verschieden temperierten Luftschichten zu beiden Seiten der Wand setzt sich aus den drei folgenden einzelnen Teilvorgängen zusammen: 1. Wärmeübergang von der Luft auf die eine Wandseite. 2. Wärmeleitungsvorgang in der Wand. 3. Wärmeübergang von der anderen Wandseite auf die Luft.

Bezeichnet man die Oberflächentemperaturen auf beiden Wandflächen mit ϑ_1 und ϑ_2 und sind a_1 und a_2 die Wärmeübergangszahlen, d. h. also diejenige Wärmemenge, die in einer Stunde von der Luft auf 1 qm Wandfläche übertritt, wenn $t_1 - \vartheta_1 = 1^0$ C bzw. von 1 qm Wand an die Luft abgegeben wird, wenn $\vartheta_2 - t_2 = 1^0$ C ist, so gilt für den Wärmeübergang auf der einen Wandseite die Gleichung:

$$Q = a_1 \cdot F \cdot (t_1 - \vartheta_1) \quad (4)$$

und für den Wärmeübergang auf der anderen Seite die ähnliche Beziehung

$$Q = a_2 \cdot F \cdot (t_2 - \vartheta_2). \quad (5)$$

In derselben Weise, wie oben bei der Wärmedurchgangszahl besprochen, bezeichnet man den reziproken Wert der Wärmeübergangszahl $(a_1; a_2)$ mit Wärmeübergangswiderstand $\left(\frac{1}{a_1}; \frac{1}{a_2}\right)$.

Zu den beiden Wärmeübergangsvorgängen kommt der Wärmeleitungsvorgang in der Wand selbst. Bezeichnet man mit λ die Wärme-

durchlässigkeitszahl, also diejenige Wärmemenge, die in einer Stunde durch 1 qm Wand hindurchgeht, wenn $\vartheta_1 - \vartheta_2 = 1^0$ C ist, so ergibt sich die Beziehung

$$Q = \Delta \cdot F \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2). \tag{6}$$

Der reziproke Wert der Wärmedurchlässigkeitszahl Δ stellt den Wärmedurchlässigkeitswiderstand $\frac{1}{\Delta}$ dar.

Schreibt man die Gleichungen 4, 5, 6 in der abgeänderten Form 4a, 5a, 6a untereinander und addiert sie, so erhält man folgendes:

$$Q\frac{1}{a_1} = F\ (t_1 - \vartheta_1)^*) \tag{4a}$$

$$Q\frac{1}{a_2} = F\ (\vartheta_2 - t_2)^*) \tag{5a}$$

$$Q\frac{1}{\Delta} = F\ (\vartheta_1 - \vartheta_2) \tag{6a}$$

$$Q\left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{\Delta} + \frac{1}{a_2}\right) = F\ (t_1 - t_2). \tag{7}$$

oder unter Berücksichtigung der Gleichung (1)

$$Q \cdot \frac{1}{k} = F \cdot (t_1 - t_2). \tag{7a}$$

Eine Übereinstimmung der Gleichungen (7) und (7a) ist aber nur dann möglich, wenn die folgende Beziehung besteht:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{\Delta} + \frac{1}{a_2}. \tag{8}$$

oder in Worten: Der gesamte Wärmedurchgangswiderstand setzt sich aus der Summe der einzelnen Widerstände zusammen.

Eine Wand aus homogenem Material von unendlichen Ausdehnungen nach den Seiten hin und einer Dicke von 1 m läßt durch die bestimmte Fläche von 1 qm von der Oberfläche ihrer einen Seite zur anderen bei 1^0 C Temperaturdifferenz eine ganz bestimmte Wärmemenge hindurchgehen, die abhängig ist von der Art des Materials. Die Wärmedurchlässigkeit einer solchen Wand unter den genannten Bedingungen bezeichnet man als ihre Wärmeleitzahl und wählt hierfür den Buchstaben λ. Der reziproke Wert der Wärmeleitzahl einer 1 m dicken Wand wird als Wärmedurchlässigkeitswiderstand $\frac{1}{\lambda}$ bezeichnet. Besitzt die Wand nun eine Stärke von δ m, so ist der Wärmedurchlässigkeitswiderstand [nicht $\frac{1}{\lambda}$, sondern $\delta \cdot \frac{1}{\lambda} = \frac{\delta}{\lambda}$.

*) Löst man die Gleichungen (4a) und (5a) nach ϑ_1 bzw. ϑ_2 auf, so kann man mit ihnen unter Berücksichtigung der Gleichung (1) auch die Oberflächentemperaturen der Wand innen und außen errechnen, wenn die Werte für k, t_1, t_2, a_1 und a_2 bekannt sind. Zur Messung von Oberflächentemperaturen bedient man sich am besten der Thermoelemente (s. S. 229). (Anleitung für genaue technische Temperaturmessungen von Knoblauch-Hencky. Verlag R. Oldenbourg 1926.)

Unter Berücksichtigung der oben gemachten Ausführungen besteht dann für eine homogene Wand hinsichtlich ihres Wärmedurchlässigkeitswiderstandes die Beziehung:

$$\frac{1}{\Delta} = \frac{\delta}{\lambda}. \tag{9}$$

Handelt es sich nun nicht um eine homogene Wand, sondern um eine Wand, die aus verschiedenen Materialien verschiedener Leitzahlen besteht, so besteht die Beziehung:

$$\frac{1}{\Delta} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \ldots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \tag{10}$$

wo δ_1, δ_2, δ_3 ... die Dicken der einzelnen Schichten und λ_1, λ_2, λ_3 ... die Wärmeleitzahlen der betreffenden Materialien darstellen.

Die Wärmedurchgangszahl einer Wand, die aus mehreren Schichten verschiedenen Materials besteht, berechnet sich nach dem oben Gesagten also aus folgender Formel:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{a_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \ldots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{a_2}. \tag{11}$$

Hierin bedeutet

k = Wärmedurchgangszahl in WE/qm/Std.
a_1 = Wärmeübergangszahl von Luft auf Wand
a_2 = Wärmeübergangszahl von Wand auf Luft } in WE/qm/Std.
$\delta_1, \delta_2, \ldots . \delta_n$ = Wandstärken der einzelnen Schichten in m.
$\lambda_1, \lambda_2, \ldots . \lambda_n$ = Wärmeleitzahlen in WE/qm/Std.

Die Wärmeleitzahlen sind in Tab. 3 zusammengestellt worden. Die Wärmeübergangszahlen a sind nach folgender Formel zu berechnen

$$a = a' + Cw. \tag{12}$$

In dieser Formel bedeutet Cw die Strahlungskonstante der Wand. Nach Untersuchungen von Wierz, Brabbée, Nusselt und Hencky hat für fast alle Baustoffe Cw den Wert 4,4. Die Werte für a' geben die durch Leitung und Konvektion abgegebene Wärme an und sind aus der folgenden Tab. 2 zu entnehmen. Unter Berücksichtigung der Zahlen für die Innen- oder Außenseite erhält man so die Werte für a_1 bzw. a_2 der Formel (11).

Tabelle 2.

Werte von α' (abgerundet).

Δ	Vertikale Wand		horizontale Wand	Δ	Vertik. Wand, Innen- oder Außenseite	horizontale Wand
	Innenseite	Außenseite				
1	2,2	3,1	2,8	9	3,8	4,9
2	2,6	3,2	3,3	10	3,9	5,0
3	2,9	3,2	3,7	12	4,1	5,2
4	3,1	3,3	4,0	14	4,3	5,4
5	3,3	3,4	4,2	16	4,4	5,6
6	3,4	3,5	4,4	18	4,5	5,8
7	3,6	3,6	4,6	20	4,7	5,9
8	3,7	3,7	4,7	25	4,9	6,3

Δ = Temperaturdifferenz zwischen Wandoberfläche und Luft. (Hencky.)

Tabelle 3.

Wärme-Leitzahlen der wichtigsten Bau- und Isolierstoffe
in trockenem und mäßig feuchtem Zustande.

Material	Raumgewicht kg/m³	Wärme-Leitzahl λ in $\frac{\text{kg cal.}}{\text{m std } ^0\text{C}}$ in trockenem Zustande bei einer mittl. Temp. von 0° C	20° C	in mäßig feuchtem Zustande*) λ bei 20°	Feuchtigkeit Vol. %
a) **Holzarten** (senkrecht zur Faser)					
Kiefernholz	546	0,12	0,13	—	—
Teakholz	642	0,14	0,15	—	—
Eichenholz (parallel zur Faser 2,2mal so große Wärmeleitung)	825	0,17	0,18	—	—
b) **Holzfabrikate.**					
Sperrholz	588	0,094	0,098	—	—
Zementholz	715	0,11	0,12	—	—
„	824			0,15	ca. 11
c) **Baumaterialien.**					
Natursandstein, grau . .	2250	1,05	1,11	—	—
„	2259	—	—	1,44	frisch
Kalksandstein	1600	0,50	0,45	—	—
„	1800	0,63	0,67	—	—
„	2000	0,76	0,80	—	—
Kalksandstein-Mauerwerk feines Korn	—	0,55	0,58		
grobes Korn	—	0,70	0,75		
Kalksandsteinmauer . . .	1620	—	—	0,80	ca. 15
Ziegelsteine, Handziegel .	1536	0,33	0,34	—	—
Mauerwerk daraus . . .	—	0,38	0,39	—	—
„ „ . . .	1620	—	—	0,60	ca. 0,9
Ziegelsteine (Maschinenz.)	1672	0,44	0,45	—	—
Ziegel	1620	—	—	0,44	0,8
„	1620	—	—	0,84	1,8
Hochporöse Ziegel. . . .	710	0,14	0,15	—	—
Mauerwerk daraus . . .	—	0,22	0,23	—	—
Hochporöse Ziegel. . . .	600	0,11	0,13	—	—
„ „	900	0,17	0,18	—	—
Poröse „	739	—	—	0,145	1,2
„ „	797	—	—	0,21	5,8
„ „	943	—	—	0,34	21,5
Hohlziegel ⊏⊏⊏⊏ . .	—	0,17	0,19	—	—
Rheinisch. Schwemmstein	630	0,11	0,13	—	—
Mauerwerk daraus . . .	—	0,20	0,22	—	—
Hochofenschwemmstein .	785	0,14	0,16	—	—
Mauerwerk daraus . . .	—	0,22	0,24	—	—
Lehm mit Stroh gemischt	1505	0,35	0,38	—	—

*) Mit steigender Temperatur nimmt die Wärmeleitzahl von Material in nicht trockenem Zustande ab. Diese Abnahme ergibt sich aus der Verminderung des Feuchtigkeitsgehaltes bei steigender Temperatur. Bei geringerem Feuchtigkeitsgehalt, wie er etwa dem sogenannten trockenen Zustande der Handelsware entspricht, ändert sich die Wärmeleitzahl gegenüber dem vollkommen trockenen Zustand kaum. Mit sehr zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt der Baustoffe tritt merkliche Erhöhung der Wärmeleitzahl ein.

Material	Raumgewicht kg/m³	Wärme-Leitzahl λ in $\frac{\text{kg cal.}}{\text{m std } ^\circ\text{C}}$ in trockenem Zustande bei einer mittl. Temp. von 0° C	20° C	in mäßig feuchtem Zustande λ bei 20°	Feuchtigkeit Vol. %
Lehmsteinmauer . . .	1775	—	—	0,60	ca. 7
Lehmstampfmauer . . .	—	—	—	0,82	nicht bestimmt
Beton 1:12	2050	0,66	0,70	—	—
Beton	2300	—	—	1,14	ca. 10
Schlackenbeton	870	0,24	0,25	—	—
Torfsteine	840	0,14	0,15	—	—
Mauerwerk aus Torfstein	—	0,22	0,23	—	—
Verputz (12 Sand 4 Kalk)	1820	0,57	0,58	—	—
Rohrverputz (2 cm) . . .	—	0,14	0,15	—	—
Baugips	1250	0,36	0,37	—	—
Gipsplatten mit Kork . .	685	0,21	0,23	—	—
„	840	—	—	0,22	7,6
Asphalt	2120	0,52	0,60	—	—
Linoleum	1183	0,15	0,16	—	—
Korkmentlinoleum . . .	535	0,069	0,07	—	—
d) **Füllstoffe.**					
Kies	1850	0,29	0,32	—	—
Sand	1520	0,26	0,28	—	—
„	1640	—	—	0,97	11
Koksgrus	1000	0,12	0,13	—	—
Kesselschlacke	750	0,13	0,14	—	—
Hochofen-Schaumschlacke					
Korn 30 mm	360	0,12	0,13	—	—
„ 2—5 mm	360	0,088	0,09	—	—
Bimskies, gewöhnlicher .	600	0,15	0,16	—	—
(Bimsbeton	800	—	—	0,24	ca. 10)
e) **Isolierstoffe.**					
Isoliermaterial für niedere Temperaturen.	100	0,0335	0,036	—	—
Isoliermaterial für niedere Temperaturen.	200	0,042	0,045	—	—
Isoliermaterial für niedere Temperaturen.	300	0,051	0,053	—	—
Isoliermaterial für niedere Temperaturen.	400	0,0595	0,062	—	—
Rhein. Isolierbims. . . .	300	0,075	0,08	—	—
Torfmull	190	0,04	0,041	—	—
„	—	—	—	0,06	0,5
Korkstein	180—350	0,04—0,055	0,041—0,056	—	—
Korkersatzplatten	240—480	0,048—0,088	0,05—0,065	—	—
Torfplatten, leicht. . . .	230	0,049	0,05	—	—
„ mittel . . .	370	0,073	0,075	—	—
„ hart	730	0,095	0,100	—	—
Strohfaser, gepreßt . . .	139	0,039	0,040	—	—
Roßhaar „ . . .	172	0,042	0,043	—	—
Sägemehl.	215	0,060	0,062	—	—
Kieselguhr in Pulverform	270—350	0,050—0,052	0,052—0,055	—	—
f) **Verschiedene Stoffe.**					
Eis	—	1,5	—	—	—
Glas	—	—	0,6	—	—
Dachpappe	—	—	0,6	—	—
Asbestschiefer.	1700	0,13	0,15	—	—

Zur besseren Erläuterung der vorher besprochenen Formeln und Tabellen seien die folgenden Beispiele gebracht:

1. Berechnung des Wärmedurchlässigkeitswiderstandes $\frac{1}{\Delta}$ (Formel 10) einer 38 cm starken Ziegelmauer mit beiderseitigem 1,5 cm starken Verputz (12 Teile Sand + 4 Teile Kalk):

$$\frac{1}{\Delta} = \frac{\delta \text{ Verputz}}{\lambda \text{ Verputz}} + \frac{\delta \text{ Ziegelwand}}{\lambda \text{ Ziegelwand}} + \frac{\delta \text{ Verputz}}{\lambda \text{ Verputz}}$$

δ Verputz = 0,015 m λ Verputz = 0,58 (Tab. 3).
δ Ziegelmauer = 0,38 m λ Ziegelmauer = 0,6 (Tab. 3).

$$\frac{1}{\Delta} = \frac{0{,}015}{0{,}58} + \frac{0{,}38}{0{,}6} + \frac{0{,}015}{0{,}58}$$
$$= 0{,}026 + 0{,}63 + 0{,}026$$
$$= 0{,}68.$$

Δ (Wärmedurchlässigkeitszahl) = 1 : 0,68
= 1,5 WE/qm/Std.

2. Berechnung der Wärmedurchgangszahl k derselben Wand. Die Lufttemperatur auf der einen Wandseite sei $t_1 = +5^0$ C und die auf der anderen Wandseite sei $t_2 = 0^0$ C ($t_1 - t_2 = 5^0$).

Die Berechnung erfolgt nach Formel (11) unter Berücksichtigung der Formel (10) und es ist also

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{\Delta} + \frac{1}{a_2} \text{ zu setzen.}$$

Nach Beispiel 1 ist also $\frac{1}{\Delta} = 0{,}68$, und es hat hier nur noch die Berechnung der Wärmeübergangszahlen a_1 und a_2 zu erfolgen. Diese geschieht nach Formel (12). Hierin ist Cw = 4,4 zu nehmen und α' nach Tab. 2 für die Innenseite der Wand 3,3 und für die Außenseite 3,4 zu setzen. Dann wird

$$a_1 = 7{,}7 \text{ und } a_2 = 7{,}8,$$
$$\text{also ist } \frac{1}{k} = \frac{1}{7{,}7} + \frac{1}{1{,}5} + \frac{1}{7{,}8}$$
$$= 0{,}13 + 0{,}68 + 0{,}13$$
$$k = 1 : 0{,}94 = \underline{1{,}06 \text{ WE/qm/Std.}}$$

Komplizierter werden die Berechnungen, wenn es sich z. B. um eine Mauer handelt, die von einer vertikalen Luftschicht durchzogen wird. Hier muß bei der Berechnung der Wärmedurchgangszahl berücksichtigt werden, daß sich die Gesamtwärme, die in einer Luftschicht übertragen wird, aus den Anteilen Strahlung, Leitung und Konvektion zusammensetzt (vgl. Abschnitt A).

I. Wärmeübertragung durch Leitung in einer Luftschicht.

Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel

$$QL = F \cdot \frac{\lambda_0}{d} (\vartheta_1 - \vartheta_2). \qquad (13)$$

In dieser Formel bedeutet

QL = Wärmemenge durch Leitung übergehend.
λ_0 = Wärmeleitzahl für ruhende Luft (bei 20° C = 0,02 zu setzen).
d = Dicke der Luftschicht in m.
ϑ_1 ϑ_2 = Temperatur der die Luftschicht begrenzenden Flächen.

II. Wärmeübertragung durch Konvektion in vertikalen Luftschichten.

Hierfür lautet die Formel

$$Qk = F \frac{\lambda_k}{d} (\vartheta_1 - \vartheta_2). \qquad (14)$$

In dieser Formel bedeutet

Qk = Wärmemenge durch Konvektion.
λ_k = Konvektionszahl (s. Tabelle 4).
d = Dicke der Luftschicht in m.

c) Wärmeübertragung durch Strahlung in einer Luftschicht.

Setzt man in der Strahlungsformel auf S. 231 für den Nenner $\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C}$ (wo C_1 und C_2 die Strahlungskonstanten der beiden sich gegenüberstehenden Wandflächen und C die Strahlungskonstante des absolut schwarzen Körpers bedeutet) den Wert $\frac{1}{C^1}$ und führt für $(t_1 + 273)$ und $(t_2 + 273)$ die absoluten Temperaturen der Begrenzungsfläche T_1 und T_2 ein, so erhält man die Formel

$$QS = F \cdot C^1 \cdot c \cdot (T_1 - T_2). \qquad (15)$$

In dieser Formel bedeutet

C^1 = die Konstante des Strahlungsaustausches und ist aus Tabelle 5 zu entnehmen.
c = der Temperaturfaktor und ist für die Berechnung aus Tabelle 6 zu ersehen.
QS = Wärmemenge durch Strahlung.

Führt man nun für die absolute Temperatur der Begrenzungsflächen die direkten Oberflächentemperaturen ϑ_1 und ϑ_2 ein, so ergibt sich für die Wärmeübertragung durch Strahlung die folgende Beziehung

$$QS = F \cdot C^1 \cdot c\,(\vartheta_1 - \vartheta_2). \qquad (16)$$

Durch Addition der Gleichungen (13), (14) und (16) ergibt sich dann die vereinfachte Beziehung

$$Q = \left[\frac{\lambda_0}{d} + \frac{\lambda_k}{d} + c \cdot C^1\right] F \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2), \qquad (17)$$

die also die Gesamtwärmemenge, die in einer Luftschicht übertragen wird, angibt.

Tabelle 4 (aus Hencky).

Konvektionszahlen λ_k bei einer senkrechten Luftschicht [s. Gleichung (14)].
(Nach Versuchen von Nußelt interpoliert.)

Dicke d	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	15
λ_k	0	0,01	0,02	0,031	0,038	0,044	0,047	0,05	0,051	0,053	0,06

Tabelle 5. **Konstante des Strahlungsaustausches C^1** [s. Gleichung (15)] (aus Hencky).

C_2	C_1							
	1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
1	0,56	0,688	0,777	0,842	0,892	0,932	0,946	0,990
1,5	0,688	0,89	1,05	1,17	1,27	1,35	1,42	1,48
2,0	0,777	1,05	1,27	1,46	1,61	1,75	1,86	1,96
2,5	0,842	0,17	1,46	1,70	1,92	2,11	2,29	2,45
3,0	0,892	1,27	1,61	1,91	2,21	2,46	2,70	2,92
3,5	0,932	1,35	1,75	2,11	2,46	2,79	3,10	3,38
4,0	0,96	1,42	1,86	2,29	2,70	3,10	3,48	3,86
4,5	0,990	1,48	1,96	2,45	2,92	3,39	3,86	4,33

Tabelle 6. **Temperaturfaktor c** [Gleichung (15)] (aus Hencky).

Temperatur $\vartheta_2 = T_2 - 273$	Temperatur $\vartheta_1 = T_1 - 273$						
	− 10	− 5	+ 0	+ 5	+ 10	+ 15	+ 20
− 20	0,690	0,709	0,729	0,75	0,772	0,796	0,820
− 15	0,708	0,729	0,749	0,771	0,792	0,816	0,840
− 10	0,728	0,749	0,769	0,791	0,814	0,838	0,862
− 5	0,748	0,769	0,791	0,814	0,836	0,860	0,884
+ 0	0,770	0,792	0,814	0,837	0,859	0,883	0,908
+ 5	0,792	0,814	0,836	0,859	0,882	0,907	0,932
+ 10	0,814	0,837	0,859	0,882	0,906	0,931	0,957
+ 15	0,838	0,861	0,883	0,907	0,930	0,956	0,983
+ 20	0,862	0,984	0,908	0,931	0,954	0,981	1,008

Anmerkung: Bei genauen Berechnungen muß noch der Wärmeverlust infolge Luftdurchlässigkeit berücksichtigt werden (poröse Stoffe, Fugen). Die Besprechung dieser Formeln und der Berechnungen würde hier zu weit führen. Es sei hierfür auf das im Literaturverzeichnis angegebene Buch von Hencky (Der Wärmedurchgang usw.) besonders aufmerksam gemacht.

Der Gebrauch der Formeln (13) bis (17) und der Tab. 4, 5 und 6 soll durch das folgende Beispiel vereinfacht werden:

Gegeben: Ein Doppelfenster mit 3 mm starken Glasscheiben. Entfernung der beiden Fenster voneinander sei $d = 10$ cm. Die Lufttemperatur innen sei $t_i = +20^0$ C und außen $t_a = -20^0$ C. Mittlere Temperatur der Luftschicht $= 0^0$; Temperaturunterschied zwischen Luft und Glas sei 4^0 C.

Gesucht: Die Wärmedurchgangszahl k.

Durchführung:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{a_1} + \frac{\delta\,\text{Glas}}{\lambda\,\text{Glas}} + \frac{\delta\,\text{Luft}}{\lambda\,\text{Luft}} + \frac{\delta\,\text{Glas}}{\lambda\,\text{Glas}} + \frac{1}{a_2}. \qquad \text{Formel (11)}$$

Die Strahlungskonstante für Glas ist nach Tab. 1 Cw = 4,0, und zur Berechnung von a_1 und a_2 wird Formel (12) und Tab. 2 benutzt.

Da die mittlere Temperatur der Luftschicht $\frac{t_i - t_a}{2} = 0^0$ und der Temperaturunterschied zwischen Luft und Glas laut Angabe $\Delta = 4^0$ C ist, so wird

$$\underline{a_1 = 4{,}0 + 3{,}1 = 7{,}1} \text{ und} \qquad (\alpha)$$

$$\underline{a_2 = 4{,}0 + 3{,}3 = 7{,}3.} \qquad (\beta)$$

Ferner ist

δ Glas laut Angabe $= 0{,}003$ m und

λ Glas laut Tab. $3 = 0{,}6$

und damit

$$\frac{\delta \text{ Glas}}{\lambda \text{ Glas}} = \frac{0{,}003}{0{,}6}. \qquad (\gamma)$$

Weiter ist δ Luft laut Angabe $= 0{,}1$ m zu setzen. λ Luft muß unter Benutzung der sich aus Gleichung 16 ergebenden Beziehung $\lambda \text{ Luft} = \lambda_0 + \lambda_k + c \cdot C^1 \cdot d$ errechnet werden.

Da $C_1 = C_2 = 4{,}0$ ist, erhält man für die Konstante des Strahlungsausgleiches C^1 nach Tab. 5 den Wert 3,5. Den Wert für den Temperaturfaktor c erhält man aus Tab. 6. Da $\vartheta_1 = 4^0$ C und $\vartheta_2 = -4^0$ C sein soll, so ist $c = 0{,}814$.

λ_0 ist laut Angabe bei Formel (13) $= 0{,}02$ und λ_k nach Tab. 4 $= 0{,}053$ zu setzen.

Dann ist

$$\lambda \text{ Luft} = 0{,}02 + 0{,}053 + 0{,}814 \cdot 3{,}5 \cdot 0{,}1 = 0{,}35. \qquad (\delta)$$

Wir kommen also unter Berücksichtigung der Teilresultate (α), (β), (γ) und (δ) zur Gleichung

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{7{,}1} + \frac{0{,}003}{0{,}6} + \frac{0{,}1}{0{,}35} + \frac{0{,}003}{0{,}6} + \frac{1}{7{,}3}$$

$$= 0{,}572$$

$$k = 1 : 0{,}572 = \underline{1{,}75 \text{ WE/qm/Std.}}$$

Die vorher gemachten Ausführungen ermöglichen die Aufstellung einer Wärmebedarfsrechnung für ein Haus. Diese Rechnung ist für jeden Raum gesondert aufzustellen. Man bestimmt zunächst die Größe der Fensterflächen und sodann die Gesamtmauerfläche weniger der gefundenen Fensterfläche jeder einzelnen Wand. Die k-Werte für die gebräuchlichsten Wand-, Fußboden-, Deckenkonstruktion usw. sind in den Tabellen (7a—11) zusammengestellt. Unter Zugrundelegung der betreffenden Innen- und Außentemperaturen errechnet man getrennt die stündlichen Wärmeverluste durch Fenster*), Wände**) u. dgl. nach der vorher besprochenen Formel $Q = F \cdot k \cdot (t_i - t_a)$. Zu der Summe der erhaltenen Einzelresultate kommen nunmehr noch bestimmte Zuschläge für Himmelsrichtung, Eckräume, Windanfall, Anheizen und Betriebsunterbrechung. Diese Zuschläge sind in Tab. 12 zu finden.

Für jeden einzelnen Raum, dessen Wärmebedarf errechnet werden soll, führt man das im folgenden Beispiel gegebene Schema durch.

Beispiel: Es ist der Wärmebedarf eines Eckzimmers zu berechnen. Rauminhalt $4 \cdot 5 \cdot 3 = 60$ qm Nordwestlage. Darüber und darunter gelegener Raum ungeheizt (0^0). Innentemperatur $+ 20^0$, Außentemperatur $- 10^0$. Für die Außenwände sei $k = 1{,}3$, für die Innenwand sei $k = 1{,}5$. (Andere Wandkonstruktionen wären aus den Tabellen zu entnehmen.) Für die Decke sei $k = 0{,}5$, für den Fußboden $= 0{,}3$. Der Raum hat zwei einfache Fenster von der Abmessung $1{,}26 \cdot 1{,}60$; das eine West-, das andere Nordlage. Hierfür ist $k = 5{,}0$. Schließlich hat der Raum eine Innentür von den Abmessungen $10, \cdot 2{,}2$. Der k-Wert für die Tür ist 2,0 (nach Schachner).

Die Berechnung des stündlichen Wärmeverlustes dieses Raumes geht aus der beigegebenen Übersicht hervor.

*) Der Rahmen des Fensters ist bei der Größenbestimmung mitzumessen.

**) Bei den Außenmauern ist beim Höhenmaß die Deckenstärke zuzurechnen.

Schema der Wärmebedarfsberechnung eines Raumes.

Raumbezeichnung	Abkühlungsfläche: Art	Lage	lang, breit oder hoch	qm	k-Werte	Temperaturen: ti	ta	ti-ta	Wärmeverluste/Stunde: F. k. (ti-ta)	WE	Prozent Lage-Zuschläge: Himmelsrichtung	Windanfall	Eckraum	Summe	Lage-Zuschläge in WE	Gesamtverlust einschl. der Lage-Zuschläge in WE	Anheizzuschlag: in %	in WE	Gesamtverlust WE	Wärmebedarf WE	Bemerkung
Nord-West Eckzimmer	Einfachfenster	W	1,25 · 1,60	2,0	5,0	+20°	−10°	30°	2,0 · 5,0 · 30	300											
	Außenwand	W	5,0 · 3,3	16,5 (− 0,2 Fensterfl.) = 14,5	1,3	+20°	−10°	30°	14,5 · 1,3 · 30	565 / **865**	10%	10%	5%	25%	216	1081					
	Einfachfenster	N	1,25 · 1,60	2,0	5,0	+20°	−10°	30°	2,0 · 5,0 · 30	300											
	Außenwand	N	4,0 · 3,3	13,2 (− 2,0 Fensterfl.) = 11,2	1,3	+20°	−10°	30°	11,2 · 1,3 · 30	437 / **737**	15%		5%	20%	147	884					
	Innen-Tür		1,0 · 2,2	2,2	2,0	+20°	+10° *)	10°	2,2 · 2,0 · 10	40											
	Innenwand		4,0 · 3,3	13,2 (− 2,2 Tür) = 11,0	1,5	+20°	+10° *)	10°	11,0 · 1,5 · 10	168 / **208**						208					
	Decke		4,0 · 5,0	2,0	0,5	+20°	0°	20°	2,0 · 0,5 · 20	200						200					
	Fußboden		4,0 · 5,0	2,0	0,3	+20°	0°	20°	2,0 · 0,3 · 20	120						120 / **2493**	20	498	2991	rund 3000	

*) Raum ist als Nebenraum mit durchschnittlicher Temperatur von 10° gedacht.

k-Werte-Zusammenstellung der gebräuchlichsten Wand-, Fußboden- und Deckenkonstruktionen*).

Tabelle 7a (Wände).

	Wandstärke in m (ohne Putz gemessen)								
	0,12	0,25	0,38	0,51	0,64	0,77	0,90	1,03	1,16
Ziegelmauer aus Backsteinen	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6
Desgl. beiderseitig geputzt	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	—	—	—
Desgl. mit Luftisolierschicht	—	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	—
Ziegelmauer aus Kalksandsteinen, beiderseitig geputzt	2,6	1,9	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
Desgl. mit Luftschicht	—	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	—
Ziegelmauer mit Sandsteinverblendung, andererseits Putz:									
Stärke des Sandsteins 10 cm	2,1	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	—	—
„ „ „ 25 „	1,7	1,3	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	—	—
„ „ „ 50 „	1,3	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	—	—	—
Ziegelmauer mit innerer Gipsdiele von 3 cm Stärke	2,2	1,5	1,2	1,0	—	—	—	—	—
Ziegelmauer mit innerer Holzverkleidung, 15 mm stark	1,8	1,4	1,0	—	—	—	—	—	—
Ziegelmauer, beiderseits Holzverkleidung, je 15 mm stark	1,0	0,8	0,7	—	—	—	—	—	—
Ziegelmauer mit innerer Korksteinverkleidung und Pinselputz:									
Stärke des Korkes 3 cm	1,6	1,3	1,1	1,0	0,9	—	—	—	—
„ „ „ 5 „	1,2	1,0	0,9	0,8	0,8	—	—	—	—
„ „ „ 10 „	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	—	—	—	—

Tabelle 7b.

	Wandstärke in m (ohne Putz gemessen)									
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Sandsteinmauer (Quader- oder Bruchstein)	2,2	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0
Kalksteinmauer (Quader- oder Bruchstein)	2,5	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1

	Wandstärke in m (ohne Putz gemessen).									
	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
Wand aus Stampfbeton	—	—	4,2	4,0	3,7	3,4	2,9	2,6	2,4	2,2
Wand aus Stampfbeton mit 8 cm starker Luftschicht	—	—	—	—	—	—	—	1,6	1,5	1,4
Wand aus Eisenbeton mit einfachen, leichten Eiseneinlagen	5,1	4,7	4,4	4,1	3,8	3,5	3,0	2,7	2,5	2,3
Wand aus Eisenbeton wie vor mit 10 cm starker Luftschicht	—	—	—	—	—	—	—	1,8	1,7	1,6
Wand aus Eisenbeton mit doppelten oder starken Einlagen	—	—	—	—	4,2	3,7	3,2	2,8	2,6	2,4
Wand aus Eisenbeton mit leichtem Eisenfachwerk	—	—	—	—	—	3,8	3,2	2,7	2,5	2,3
Wand aus Eisenbeton mit leichtem Eisenfachwerk und doppeltem Streckmetall	—	—	—	—	—	3,9	3,3	2,8	2,6	2,4

*) Aus Rubner, Gruber, Ficker, Handbuch der Hygiene, II. Bd., 1. Abt., Göring, „Heizung“, S. 392ff., 1927.

Tabelle 7c.

	Wandstärke in m (ohne Putz gemessen):									
	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20
Stampfbeton	2,0	1,0	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
„ mit Luftschicht	—	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8
Eisenbeton, einfache leichte Einlagen	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
„ mit Luftschicht	—	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9
„ doppelte Einlagen	2,2	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
„ leichtes Eisenfachwerk	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
„ schweres Eisenfachwerk	2,5	2,4	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
„ Eisenfachwerk mit Streck-Metall	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	—	—

Zusammengesetzte Wand (außen Stampfbeton, innen Bimsbeton):

	Stärke der äußeren Stampfbetonschicht in m:											
	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55
Innere Bimsbetonschicht 12 cm stark	1,40	1,30	1,20	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
Innere Bimsbetonschicht 15 cm stark	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65

	Stärke der äußeren Stampfbetonschicht in m:											
	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10	1,20
Innere Bimsbetonschicht 12 cm stark	0,70	0,65	0,62	0,60	0,58	0,55	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43
Innere Bimsbetonschicht 15 cm stark	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54	0,52	0,50	0,48	0,45	0,42	0,40

Tabelle 7d.

	Wandstärke in m (ohne Putz gemessen):												
	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12	0,24	0,38
Holzwand	2,1	1,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Holzwand, beiderseitig geputzt (Holzstärke gemessen)	1,3	1,2	1,15	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Prüßwand mit Luftschicht (ohne Luftschicht gemessen)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	1,2	—
Prüßwand ohne Luftschicht	—	—	—	—	—	2,7	—	—	—	—	—	—	—
Drahtputzwand	—	—	—	3,1	—	2,8	—	2,5	—	2,3	—	—	—
Korksteinwand	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	0,9	0,6
Gipsdielenwand	—	—	3,2	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,4	2,4	—	—	—
Wand aus Schwemmsteinen	—	—	—	—	—	—	2,8	2,6	—	2,2	1,8	1,0	0,8

Wand aus viereckigen, übereinandergelegten Holzbalken außen und innen mit Bretterverkleidung, unter der äußeren Verkleidung eine geteerte Pappschicht.

	Stärke der Balkenwand in m:			
	0,10	0,15	0,10	0,15
Stärke der Verkleidungen zusammen:	0,04	0,04	0,05	0,05
k =	0,5	0,4	0,5	0,4

Wand aus Schlackenstein:

	Wandstärke in m (ohne Putz gemessen):				
	0,07	0,12	0,25	0,38	0,51
k =	2,5	1,8	1,0	0,8	0,6

Volle Ziegelmauer mit innerer Verkleidung aus Torfleichtplatte von 3 cm Stärke

	Stärke der Ziegelwand in m (ohne Putz gemessen):			
	0,12	0,25	0,38	0,51
k =	1,2	1,0	0,9	0,8

Tabelle 7e.

Ausgemauerte Holzfachwerkwand 0,12 m stark . . . . . k = 2,2
Ausgemauerte Eisenfachwerkwand 12 cm stark . . . . . k = 3,5
Wand aus Eisenblech . . . . . k = 6,0
„ „ Wellblech . . . . . k = 7,0
Hohlmauer, 31 cm Gesamtstärke mit 7 cm Luftschicht, beiderseits verputzt k = 1,3
Hohlmauer, 31 cm Gesamtstärke mit 4 cm Luftschicht und 3 cm Torfleichtplatte, beiderseits verputzt . . . . . k = 0,9
Hohlmauer, 27 cm Gesamtstärke mit 3 cm Torfleichtplatte, beiderseits verputzt k = 1,0
Ambi-Bauweise (Berlin), innen Koksaschebeton, außen Kiesbeton, Füllung Kesselschlacke oder Koksasche, 30 cm Gesamtstärke . . . . . k = 1,0
Bauweise Kell & Löser (Dresden), Formsteine aus Schlackenbeton (ein Teil Zement, 5 Teile Sand, 3 Teile Schlacke), Gesamtstärke 30 cm . . . . . k = 1,4

Tabelle 8 **(Decken und Fußböden).**

	k-Werte	
	als Decke	als Fußboden
Balkeneinlage mit einfacher Holzdielung	1,6	1,6
„ „ Holzdielung, unterer Schalung und Putz	1,0	0,7
„ „ Holzdielung, Einschub mit Füllung, unten geschalt und geputzt	0,5	0,3
Gewölbe, 25 cm stark, mit massivem Fußboden	1,0	1,0
Backsteingewölbe, 12 cm stark, Vertiefungen ausgemauert:		
a) mit Fliesen oder Linoleumbelag	1,7	1,7
b) mit Asphaltguß oder Terrazzo	1,6	1,6
c) mit Stabfußboden in Asphalt.	1,4	1,4
d) mit Lagerhölzern, darüber Dielung oder Blendboden mit Stabfußboden (Parkett)	0,8	0,4
Massiver Fußboden über dem Erdreich	—	1,4
Hölzerner Fußboden über dem Erdreich, hohl verlegt .	—	0,8
Desgl. in Asphalt verlegt	—	1,0
Eisenbetondecke mit Estrich und Linoleum, unten geputzt:		
Betonstärke 10 cm	1,9	1,9
„ 15 cm	1,7	1,7
„ 20 cm	1,5	1,5
Hohlsteindecken und Massivdecken ohne Linoleum . . .	1,5	1,0
„ mit Linoleum auf Estrich	1,2	0,6
„ mit Holzdielung auf Lagerhölzern . . .	0,8	0,4

Tabelle 9 **(Türen).**

	k = Werte
Außentür aus Holz	3
Innentür	2
Desgl. mit Glasfüllungen.	3
Balkontüren mit Glasfüllungen:	
a) einfache	5
b) doppelte	2,3

Tabelle 10 **(Fenster und Oberlichte).**

	k = Werte
Einfaches Fenster mit Holzrahmen	5
Desgl. mit Eisenrahmen oder Bleifassung	5,3
Doppelfenster mit Holzrahmen, Glasabstand ca. 12 cm	2,3
Desgl. mit doppelter Verglasung in einfachem Holzrahmen, Glasabstand ca. 5 cm	3,5
Schaufenster	4
Einfaches Oberlicht, darüber Außenluft	5,1
Desgl. darüber Dachraum	3,6
Doppeltes Oberlicht, darüber Außenluft	2,4
Desgl. darüber Dachraum	2,1

Tabelle 11 **(Dächer).**

	k = Werte
Teerpappdach auf Schalung	2,1
Zink- oder Kupferdach auf Schalung	2,2
Schieferdach auf Schalung	2,1
Ziegeldach auf Latten mit gedichteten Fugen	4,9
Ziegeldach auf Latten, unter den Sparren geschalt, gerohrt und geputzt	1,6
Ziegeldach auf Latten, unter den Sparren geschalt, mit 3 cm Korkschutz und geputzt	1,3
Ziegeldach auf Latten, unter den Sparren geschalt, mit 3 cm Torfleichtplatte geputzt	1,2
Holzzementdach	1,3
Wellblechdach ohne Schalung	10,4
Eisenbetondach, 8 cm stark, mit Dachpappe	2,8
Desgl. noch mit 3 cm Korkisolierung und Drahtputz unter den Sparren	1,8

Tabelle 12 **(Zuschläge).**

Auf den ermittelten Wärmedurchgang der Abkühlungsflächen müssen mindestens folgende Zuschläge gemacht werden:

A. Zuschläge für Himmelsrichtungen auf Außenflächen.

Norden, Nordosten, Nordwesten und Osten	15%
Westen, Südosten, Südwesten	10%

B. Zuschläge für Eckräume und dergl.

Eckräume und Räume mit Erkerausbauten, bei denen die zusammenstoßenden Außenwandflächen zusammen die Hälfte oder mehr aller senkrechten Wandflächen ausmachen	10%
Räume mit gegenüberliegenden Außenwänden	10%
Eckräume und Räume mit Erkerausbauten, bei denen die zusammenstoßenden Außenwandflächen zusammen etwa ein Drittel aller senkrechten Wandflächen darstellen	5%

C. Zuschläge für Windanfall.

Die den Winden ausgesetzten Außenflächen, sowie alle Außenflächen geheizter Dachräume erhalten Zuschläge in Höhe von	10%
Dem Winde besonders ausgesetzte Außenflächen sind solche, welchen in einem Abstande bis zu 40 m Erhebungen (Häuser, Hügel, Wälder usw.) von gleicher Höhe nicht gegenüberstehen. Dies gilt also auch für Häuserflächen an Plätzen von über 40 m Ausdehnung, für ungedeckte Hofräume usw. Bei besonders starkem Windfall, z. B. Häuserflächen gegenüber einer ausmündenden Straße, freiliegende Häuser an Stadtgrenzen, Häfen, Flüssen	15%

D. Zuschläge für hohe Räume.

Räume von über 4 m lichter Höhe erhalten für jedes Meter Überhöhe auf die berechneten Wärmeverluste (ohne Zuschläge) einen Zuschlag von	2½%
jedoch nicht mehr als	20%

Bruchteile von Metern werden aufgerundet.
Treppenhäuser erhalten diesen Zuschlag nicht.

E. Zuschläge für Anheizen und Betriebsunterbrechung.

Für ununterbrochenen Betrieb mit Bedienung auch bei Nacht (mit Rücksicht auf die übliche Betriebseinschränkung bei Nacht)	5%
Für ununterbrochenen Betrieb ohne Bedienung bei Nacht, Koksfüllfeurung	10%
Für täglich unterbrochenen 13—15stündigen Heizbetrieb, einschließlich des Anheizens, das nicht unter 3 Stunden anzunehmen ist	15%
Für täglich unterbrochenen 9—12stündigen Heizbetrieb, einschließlich Anheizen, wie oben (z. B. für Schulen)	20%
Für den Betrieb nach längeren Unterbrechungen, z. B. in Kirchen mit nur sonntäglicher Beheizung, Festsälen, nicht täglich benutzten Hörsälen, Schöffen- und Schwurgerichtssälen	30%

Die Zuschläge für Anheizen und Betriebsunterbrechung sind zu dem, einschließlich aller anderen Zuschläge ermittelten Wärmeverlust zu machen. Die Prozentsätze der Zuschläge sind Mindestwerte.

E. Über die richtige wärmetechnische Anlage und Ausgestaltung von Gebäuden.

Aus dem Beispiel der Wärmebedarfsberechnung eines Raumes geht die Bedeutung der Wärmedurchgangszahl k hervor. Vor allen Dingen läßt sich die Beantwortung der Frage, welche der eventuell zur Wahl gestellten Raumumschließungskonstruktionen den geringsten Wärmebedarf ermöglicht, mit ihrer Hilfe erreichen. Auch bei der Feststellung der stündlichen Wärmeleistung einer Heizanlage muß man sich ihrer bedienen unter weitgehendster Berücksichtigung der in Frage kommenden Höchsttemperaturunterschiede und der ungünstigsten Windverhältnisse.

Auf Grund experimenteller Studien über den Wärmedurchgang durch ebene Wände hat Hencky im Auftrage der bayrischen Landeskohlenstelle Grundsätze für einen ausreichenden Wärmeschutz von Gebäuden ausgearbeitet. Danach sollen Außenwände die Wärmebedarfszahl einer 38 cm starken Ziegelmauer nicht überschreiten. Handelt es sich um freistehende Häuser, so ist sogar die Wärmebedarfszahl einer 51 cm starken Ziegelmauer anzustreben. Innenwände sollen eine Wärmedurchlässigkeit von höchstens 2,5 WE/Std. haben. Zur Erzielung eines wirtschaftlichen Heizbetriebes sind Doppelfenster in allen bewohnten Räumen zu fordern, und zwar nach Möglichkeit nur in der für Belichtung und Lüftung notwendigen Zahl und Größe. In der Fig. 2 ist der Wärmeverlust durch eine Normalziegelmauer mit 18% Fensterfläche wiedergegeben. Man sieht deutlich, daß der Wärmeverlust durch das einfache Fenster annähernd ebenso groß ist, wie durch die Mauer. Beim Doppelfenster hingegen ist nur mit etwa der Hälfte des Wärmeverlustes durch die Mauer für das Fenster selbst zu rechnen. Noch günstiger werden die Verhältnisse für das Doppelfenster, wenn Windanfall angenommen wird. In diesem Falle ist beim selben Beispiel beim Einfachfenster mit dem doppelten Wärmeverlust zu rechnen, wie er sich durch das Mauerwerk ergibt; beim Doppelfenster aber nur etwa mit dem gleichen. Ebenso ist besonders noch auf eine zweckmäßige Ausgestaltung von Böden, Decken, Erkern u. dgl. Gewicht zu legen. Alle Türen, die ins Freie führen, sind unbedingt als Doppeltüren anzulegen und hier ist ebenso, wie natürlich bei den Fenstern, auf möglichste gute Abdichtung zu achten (Anordnung möglichst im Windschatten, gute Fugendichtung u. dgl.).

Schließlich ist darauf zu achten, daß dauernd bewohnte Gebäude auch genügend Wärme aufzuspeichern vermögen. In der bisherigen Wärmebedarfsrechnung wird, wie schon im Abschnitt II näher auseinandergesetzt wurde, die Wärmespeicherung nicht miterfaßt

und im Zusammenhang hiermit bedarf gerade diese Komponente der gesamten Wärmeökonomie eines Hauses noch gründlicher experimenteller Bearbeitung.

Wenn man als Hygieniker eine räumlich und zeitlich möglichst gleichmäßige Wohnraumtemperatur fordert, so muß man sich die Frage vorlegen, auf welche Weise die Gleichmäßigkeit am ökonomischsten zu erreichen ist. Die Gleichmäßigkeit kann auf verschiedene Weise angestrebt werden. Die Wärme kann 1. in den Wänden oder 2. in einem besonderen Wärmereservoir (Kachelofenprinzip) gespeichert werden, um dann in der Heizpause dem Raume zugute zu kommen. Oder man kann 3. zum Anheizen zunächst dem Raume eine größere Wärmemenge direkt zuführen und, nachdem die gewünschte Temperatur erreicht ist, mit kleinen Wärmemengen weiterheizen (Dauerbrandprinzip).

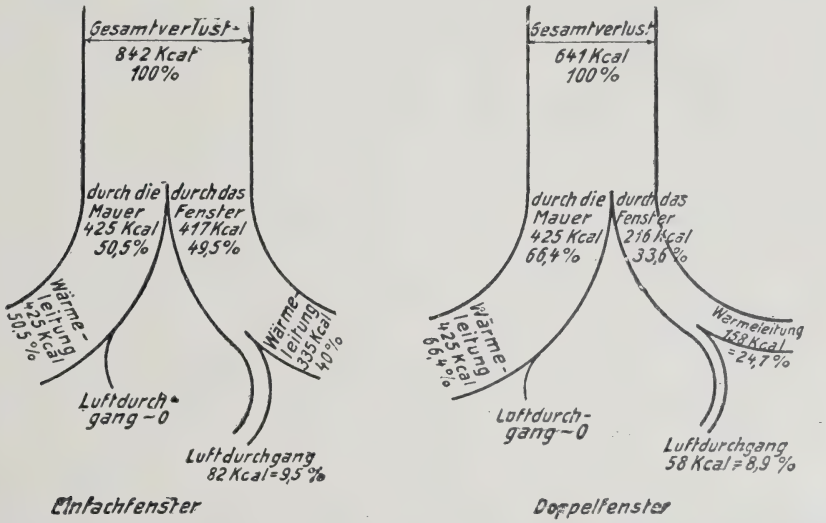


Fig. 2. Wärmeverluste durch eine Normalziegelmauer (38 cm) mit 18 % Fensterfläche (bei natürlicher Lüftung). Aus Hencky, Wärmeverluste durch ebene Wände. (R. Oldenbourg, München und Berlin 1921.)

Untersuchungen von Korff-Petersen und Liese an Häusern von Siedlungsneubauten in Steglitz im Winter 1921 hatten gezeigt, daß die bloße Wärmeleitzahl einer Wand kein Charakteristikum für das tatsächliche thermische Verhalten des beheizten Raumes ist, daß hier vielmehr die Anordnung der wärmespeichernden zu den isolierenden Schichten innerhalb der Wand von ausschlaggebender Bedeutung wird.

So ergeben zwei völlig gleiche Räume, deren Wände dieselbe Wärmeleitzahl haben, von denen aber der eine einen Wärmeschutz an der Innenseite hat, während der andere außen isoliert ist, bei gleicher Beheizung mit einem Ofen ohne Kapazität sowohl hinsichtlich der Anheiz- wie auch der Abkühlungsperiode ein grundverschiedenes Verhalten. Bei dem außen isolierten Raum ist die Anheizperiode länger als im anderen Falle, weil der Wärmespeicher einen bestimmten Teil der zugeführten Wärme für seine Auffüllung beansprucht. Diese kommt dem Raume aber nach Aussetzen der Heizung insofern wieder zugute, als sie ihn vor zu schneller Abkühlung bewahrt. Andererseits gestattet der Raum mit Innenisolierung

ein sehr schnelles Anheizen. Nach Schluß der Heizung kühlt er sich aber infolge des Fehlens fast jeder Wärmespeicherung schnell und tief ab.

In Übereinstimmung mit diesen Versuchen an wirklichen Häusern standen Versuche dieser Autoren an einem Versuchsmodell, das aus einem würfelförmigen Kasten von 1 cbm Inhalt bestand. Ihre Ergebnisse, soweit sie auf die Wirklichkeit übertragen werden können, fassen Korff-Petersen und Liese folgendermaßen zusammen:

1. Die in den Wänden gespeicherte Wärme ist zwar nicht völlig verloren, doch wird sie nur unvollkommen ausgenutzt.
2. Es ist daher zweckmäßig, durch Wärme-Isolation an der Innenseite der Wände die Wärmespeicherung in ihnen möglichst einzuschränken. Dabei ist noch wesentlich, daß bei Innenisolation die Temperatur der Wandoberflächen sich schon bald auf etwa dieselbe Höhe einstellt, wie die Raumtemperatur, während sie beim Fehlen dieser Isolation erheblich geringer bleibt. Bei Innenisolation verliert der menschliche Körper also weniger Wärme durch Abstrahlung gegen die Wände, und die Innentemperatur kann unbedenklich etwas niedriger gehalten werden.
3. Bei Innenisolation ist Periodenheizung mit einem nichtspeichernden Heizkörper am ökonomischsten, jedoch für Wohnräume aus hygienischen Gründen nicht sehr empfehlenswert.
4. Sehr ökonomisch und gleichzeitig hygienisch einwandfrei ist dagegen Dauerheizung mit nichtspeicherndem Heizkörper bei Innenisolation der Wände. Freilich ist auch beim Kachelofenprinzip und Dauerheizung die Ausnutzung der Wärme nicht wesentlich ungünstiger.
5. Bei Kleinhäusern ist unter Berücksichtigung der Brennstofffrage eine Innenisolation der Wände bei Dauerheizung mit nichtspeicherndem Heizkörper empfehlenswert. Der speichernde Teil der Mauer kann auf das aus statischen Gründen nötige Maß beschränkt werden.

Ähnliche Fragen, aber mehr vom technischen Standpunkte sind in letzter Zeit von Bugge (Drontheim) und Kreüger (Stockholm) sowie vom Forschungsheim für Wärmeschutz in München bearbeitet worden. Das Hauptgewicht ist hier auf die Ausprobierung verschiedener Baukonstruktionen und auf die Bestimmung der Wärmedurchgangszahlen der einzelnen Konstruktionen gelegt. Aus diesen Arbeiten sind recht wesentliche Hinweise für eine praktische Anwendung zu entnehmen.

Weitere Beobachtungen an Siedlungsbauten verschiedener Wandkonstruktionen, bei denen jedesmal eins der Vergleichshäuser innen mit Torfoleumplatten isoliert worden war, teilen Korff-Petersen und Nuck mit. Bei den Winterversuchen wurden die Zimmer geheizt, die zugeführte Wärmemenge und die erreichte Innenlufttemperatur registriert. Dabei zeigte sich folgendes:

1. Das ein Stein starke, isolierte Ziegelhaus hat gegenüber dem eineinhalb Stein starken nicht isolierten eine Brennstoffersparnis von rund 22%.
2. Bei einer mit Mittelluftschicht erbauten Außenmauer beträgt die durch Innenisolierung erzielte Ersparnis 26%.
3. Ein mit ein Stein starker Vollmauer und Isolierung erbautes Haus weist gegenüber einer mit Luftschicht und zweimal 12 cm-Ziegelsteinen hergestellten Wand eine Brennstoffersparnis von rund 46% auf.

Sommerversuche an den gleichen Häusern wurden dergestalt vorgenommen, daß die Erwärmung der Innenräume durch den Einfluß der Witterung in bezug auf Lufttemperatur und Wirkung der Wärmespeicherung in den gleichen Häusern gemessen wurde. Hierbei konnte festgestellt werden, daß in den Flachhaussiedlungen zu Beginn der warmen Jahreszeit die isolierten Häuser in den Zimmern eine meist um ca. 2° tiefere Lufttemperatur aufwiesen als die nicht isolierten Häuser. Bei fortschreitender Erwärmung am Tage und in den Nächten bietet eine Isolierung der Hauswände dagegen keinen Vorteil gegenüber den nichtisolierten, erst bei hoher Tagestemperatur und längerer Einwirkung der Sonnenbestrahlung auf die Außenwände übersteigt wiederum die Innenraumtemperatur des nicht isolierten Hauses die des isolierten, d. h. hier wird die Isolierung auch an heißen Sommertagen zu einem guten Wärmeschutz für das Innere.

Eine Innenisolierung des Hauswände ist hygienisch besonders von Bedeutung für den Aufenthalt der Menschen in solchen Wohnungen, deren Außenmauern, wie in den Siedlungsbauten, in dünnerer Wandstärke hergestellt sind. Auch für Bauten, die nicht mehr unter der Not der nachkriegerischen Wirtschaftsschwierigkeiten aufgeführt werden, müßte sich die Beibehaltung von Wärmeschutzisolierung durchsetzen, um mit neuartigen Bauweisen Baumaterial zu sparen und den Bewohnern nicht nur eine der sogenannten Friedensbauweise gleiche, sondern wärmewirtschaftlich bessere, d. h. hygienischere Wohnung zu bieten.

Aber nicht nur bei der Ausführung des Hausbaues sind zur Erlangung einer hygienisch und pekuniär günstigen Wärmewirtschaft die oben besprochenen Hinweise zu beachten, sondern schon beim Plan seiner gesamten Anlage sind einige Punkte zu berücksichtigen. So muß schon bei der Auswahl des Bauplatzes möglichst natürlicher Schutz gegen Wind und Regen angestrebt werden. Ferner sind die wärmebedürftigen Räume in den Kern des Hauses zu legen, um dabei Nebenräume, Flure usw. als Wärmemantel ausnutzen zu können. Bei Kleinhaussiedlungen ist als Straßenrichtung die Diagonale zwischen den Haupthimmelsrichtungen zu bevorzugen, während bei Großhäusern in Blockformen die Nord-Südlage der Blockachse Vorteile bietet. Schließlich ist noch zu berücksichtigen, daß das Reihen- oder wenigstens Gruppenhaus in wärmewirtschaftlicher Hinsicht dem Einzelhaus zweifellos überlegen ist. Wie die Unterkellerung eines Hauses zum Schutz gegen Abkühlung nach unten zu bewerten ist, darüber sind die Meinungen heute noch geteilt. Flügge, Spitta und Korff-Petersen halten in vieler Hinsicht die Unterkellerung jedenfalls solcher Räume, die im Winter nur wenig geheizt werden, aber wie z. B. Schlafzimmer von mehreren Personen längere Zeit benutzt werden, für wünschenswert. Nußbaum und Muthesius hingegen halten eine Unterkellerung nicht nur für überflüssig, sondern sogar für schädlich da der Boden ein besserer Wärmeschutz sei als die Kellerluft. Es scheint der Mühe wert zu sein, diese Frage erneut experimentell zu prüfen.

F. Heizungseinrichtungen.

Wasser, Dampf und Luft sind diejenigen Medien, die als Wärmetransportmittel in Frage kommen. Wird die Wärme in dem zu beheizenden Raume selbst erzeugt, so spricht man von Einzelheizung oder lokaler Heizung. Erfolgt die Wärmeerzeugung von einer Stelle, aus einer Zentrale, und wird

die Wärme von hier an die gewünschten Stellen weitergeleitet, so spricht man von Zentralheizungen.

Zu den Einzelheizungen gehören:

1. Kamin- und Kanalheizungen,
2. Kachelöfen und Eisenöfen,
3. Gas-, Spiritus- und Petroleumöfen,
4. Elektrische Öfen.

Zentralheizungen sind die folgenden Heizungsarten:

1. Warmwasser- und Heißwasserheizungen,
2. Hochdruck-, Niederdruck- und Vakuumdampfheizungen,
3. Dampf-, Warmwasser- und Dampfwasserheizungen,
4. Luftheizungen,
5. Warmwasser- und Dampffernheizungen,
6. Abwärme-Heizungen.

Bei jeder Heizvorrichtung unterscheidet man:

a) den Verbrennungsraum,
b) den Heizraum,
c) den Schornstein.

Im Verbrennungsraum findet die Verbrennung des Heizmateriales statt. Er wird durch den Rost in den eigentlichen Feuerungsraum und den darunter gelegenen Aschenfall geteilt. Zu jeder Verbrennung ist die Gegenwart von Luft nötig. Ihr Zutritt erfolgt durch den Rost. Er kann fehlen, wenn es sich um sehr leicht brennbares Material, z. B. Holz, handelt. Hier kann die Luftzufuhr durch eine Öffnung an der Ofentür bewerkstelligt werden.

Vom Heizraum aus erfolgt die Wärmeabgabe an das Zimmer. Zur besseren Ausnutzung der Wärme wird der Heizraum durch die sogenannten Züge verlängert, durch den die Rauchgase strömen müssen, bevor sie in den Schornstein entweichen. Die Züge können nicht beliebig lang gemacht werden, weil sie sonst die Rauchgase zu weitgehend abkühlen würden. Diese müssen noch mit einer Temperatur von etwa 120—200° in den Schornstein kommen, um den richtigen Zug des Ofens zu ermöglichen.

Der Schornstein leitet die Heizgase an die Außenluft ab. Da er mit hohen Wärmegraden in Berührung kommt, ist eine Entzündung brennbarer Stoffe durch mitgerissene Funken usw. möglich. Über die besonders erlassenen Feuersicherheitsvorschriften, seine Lage im Gebäudegrundriß, seine Berechnung usw. ist im Kapitel „Wohnung“ Näheres zu finden.

Die Aufstellung der Heizflächen hat möglichst an den Stellen zu erfolgen, wo große Abkühlung zu erwarten ist. Heizkörper sind vorzugsweise an den Außenwänden, z. B. in den Fensternischen, anzuordnen. Bei der Lokalheizung ist man in der Regel durch den vorhandenen Schornstein hinsichtlich ihrer Aufstellung zwangsläufig beeinflußt. Die Schornsteinanordnung hat daher schon beim Bau des Hauses im Einklang mit der geplanten Benutzung der Zimmer zu erfolgen. Heizkörper, die ihre Wärme vornehmlich durch Strahlung abgeben (Eisenöfen, Gasöfen müssen möglichst frei stehen und dürfen nicht versteckt durch Möbel und dgl. aufgestellt werden.

Über die künstlerische Ausführung der Form der Heizflächen, Verzierungen und dgl. läßt sich allgemeines kaum sagen. Glatte Ausführungen haben den großen Vorteil, daß sie die Staubansetzung auf der Heizfläche erschweren und eine bequemere Reinhaltung ermöglichen. Sobald die Oberflächentemperatur der Heizkörper höher als 70—80° wird, tritt, wie Nuß-

baum zeigen konnte, Staubversengung ein. Die dabei entstehenden Destillationsprodukte reizen die Schleimhäute der Augen- und Atmungsorgane, Erscheinungen, für die unberechtigterweise häufig zu „trockene Luft" beheizter Räume verantwortlich gemacht wird (s. Luftbefeuchtung S. 224.) So wenig im allgemeinen für eine künstliche Luftbefeuchtung beheizter Räume Sorge zu tragen ist, so wichtig ist es, die Luft unserer Wohnräume staubfrei zu halten. Diese Staubfreiheit ist in der Regel nicht durch Lüftung, sondern durch ausgiebige Verwendung von Staubsaugapparaten zu erreichen. Der an den Heizflächen vorbeischwebende Staub kann nur dann versengt werden, wenn infolge stärkerer Wärmestrahlung eine Temperatursteigerung auf 70—80° eintritt. Die von den Heizkörpern selbst abströmende Luft hat meist nicht mehr als 50° und ruft keine Staubversengung hervor (Vermeidung der Rotglut von Eisenöfen).

Die übrigen Klagen über trockene Luft, Staubversengung, Strahlungsbelästigung usw., die einzelnen Heizsystemen gelegentlich zum Vorwurf gemacht werden, liegen häufig nicht am System selbst, sondern an seiner unzweckmäßigen Handhabung. Überheizung der Zimmer ist meist die wirkliche Ursache aller dieser Klagen, weil gerade hierdurch ein starkes körperliches Unbehagen der Bewohner hervorgerufen wird (Wärmestauung). Richtige Bedienung und sorgfältige Regulierung der Heizeinrichtung werden diese Übelstände leicht vermeiden lassen.

Eine allgemeine Beantwortung der Frage, ob man Lokal- oder Zentralheizung bevorzugen soll*), ist nicht möglich. Bei der für einen bestimmten Fall zu treffenden Entscheidung sind nicht nur Vorteile und Nachteile der einzelnen Heizsysteme gegeneinander abzuwägen, sondern es muß auch die Art der Benutzung der zu beheizenden Räume beachtet werden (Wohnzimmer, Schlafzimmer, dauernd zu heizende Räume, vorübergehende gelegentliche Heizung usw.).

Zentralheizungen haben den Vorzug, daß ihre Bedienung einfach ist und daß nur eine einzige Feuerungsstelle für verschiedene Räume nötig ist. Da gerade die Hausfeuerung zur Rauchplage stark beiträgt, ist dieser Vorteil der Zentralheizungen bemerkenswert. Lokalheizungen erlauben verhältnismäßig billige Heizung einzelner Räume (Heizung in den Übergangsjahreszeiten) und sind unabhängig von einer Zentrale, deren Defekt bei der Zentralheizung die gesamte Heizung stillegt.

Die Bekämpfung der Rauchplage ist im Interesse der Allgemeinheit mit allen Mitteln anzustreben. Außer der Zusammenziehung vieler Einzelfeuerstellen zu einer einzigen und der Verwendung von Gas und Elektrizität zum Kochen ist bei jedem Heizen starke Rauchentwicklung unbedingt zu vermeiden. Hierfür und gleichfalls zur Erzielung einer guten Ausnutzung der Brennstoffe sind mutatis mutandibus folgende Heizregeln zu beachten:

1. Rost und Aschekasten sind vor dem Anheizen gut zu reinigen.
2. Zum Anheizen zerkleinerte Holz- und Kohlenstücke benutzen.
3. Beim Nachheizen ist die Glut mit dem neuen Heizmaterial nicht völlig zu überdecken. Die Glut muß vielmehr auf den hinteren Teil des Rostes zurückgeschoben und vorn das neue Brandmaterial hinzugeschüttet werden.
4. Der Rost muß völlig vom Heizmaterial bedeckt sein und darf nicht zu groß sein.

*) Die Anlagekosten einer Zentralheizung sind höher, als die einer Ofenheizung. Man rechnet bei Neubauten für eine zentrale Anlage etwa 5—10% der Bausumme; für Ofenheizung meist nur 2 bis höchstens 6%.

5. Der Zug des Ofens ist richtig, wenn eine an die Spalte der Aschentür gehaltene Kerzenflamme senkrecht abgelenkt wird (Flamme darf nicht erlöschen).

Als geeignetes Brennmaterial verwendet man für Öfen Fettkohlen in Nußgröße, Koks auch mit Magerkohle gemischt (besonders für Kachelöfen). Für Dauerbrandöfen ist Anthrazitkohle und für rostlose Öfen sind besonders Briketts geeignet.

Bei Anlage einer Zentralheizung ist es am zweckmäßigsten, die Niederdruck-Warmwasserheizung für Villen und Einzelhäuser zu wählen. Für Miets-, Geschäftshäuser, Büro-, Gerichtsgebäude und dgl. eignet sich ebenfalls die Niederdruck-Warmwasserheizung, gegebenenfalls (Mietshäuser) in der Form einer Etagenwarmwasserheizung. Eine Niederdruck-Dampfheizung kommt besonders in Frage für Schulen, Hotels, Gasthäuser, Theater und Gefangenenanstalten.

Wichtig ist jedenfalls, daß sich Architekt und Heizungsfachmann gemeinsam bei der Bauprojektierung schon auf Grund der vorliegenden Verhältnisse und unter Berücksichtigung der Ausdehnung des Bauwerkes, seiner beabsichtigten Benutzung usw. über die Art der zu wählenden Heizeinrichtung einigen. Bei dem heutigen Stande unserer Heizungsindustrie wird sich dann in allen Fällen ein hygienisch einwandfreier und wirtschaftlicher Heizungsmodus schaffen lassen.

I. Kamin- und Kanalheizung.

Diese beiden Heizungsarten werden wenigstens in Deutschland heute kaum noch zur Ausführung gebracht, zumal ihr Wirkungsgrad hinsichtlich der Ausnutzung der Brennstoffe ein recht geringer ist. Ihre nähere Besprechung erübrigt sich deshalb.

II. Petroleumheizung.

Petroleum- und Spiritusöfen kommen nur als Hilfsheizung in Frage, wenn ein Raum für kurze Zeit schnell erwärmt werden soll. Auch als Notheizung auf Fahrzeugen, Motorbooten und dgl. kommen sie zur Anwendung. Ein Nachteil dieser Öfen ist, daß die Verbrennungsgase fast immer in die Räume austreten und eine erhebliche Luftverschlechterung bedingen. Dazu kommt, daß Entknallungsgefahr nicht unbedingt ausgeschlossen ist.

Trotzdem die Öfen leicht tragbar sind, sehr geringen Platz beanspruchen und keine Asche entstehen lassen, ist ein regelrechter Heizbetrieb mit ihnen nicht empfehlenswert.

III. Gasheizung.

Die Verwendung von Gasöfen ist in vielen Fällen recht vorteilhaft. Die Anschaffungskosten sind verhältnismäßig gering; der Betrieb ist bequem und sauber. Weitere Vorteile dieser Heizungsart sind die sofortige Betriebsbereitschaft, das sehr schnelle Anheizen und die leichte Regulierung. Hinzu kommt noch, daß der Brennstoffverbrauch dem jeweilig vorhandenen Wärmebedarf völlig anzupassen ist. Der Betrieb selbst ist allerdings verhältnismäßig teuer. Beim Anschluß der Gasheizöfen muß für Abfuhr der Heizgase nach oben gesorgt sein; lange wagerechte Abzugsrohre sind zu vermeiden.

Man unterscheidet drei Hauptarten von Gasheizöfen, nämlich 1. Strahlungsöfen, 2. Konvektionsöfen und 3. kombinierte Strahlungs- und Konvektionsöfen. In Fig. 3 ist ein moderner Radiatoren-Gasheizofen für Strahlung und Lufterwärmung abgebildet.

Bei der Konstruktion der Öfen ist vor allem zu beachten, daß die einzelnen Flammen nicht zu nahe aneinanderstehen, sondern daß jedes Flämmchen genügend Frischluftzufuhr hat. Ferner dürfen die Flammen kalte Teile nicht berühren, da sonst durch die Abkühlung der Flammen Kohlenoxyd, Methan, Ruß und dgl. entstehen können. Die Gasöfen dürfen keine Innenkanäle haben und müssen leicht von Staub zu befreien sein. Im Gegensatz zu den Petroleumöfen ist die Entknallungsgefahr bei ihnen gering und die modernen Konstruktionen bieten große Gewähr für sicheren Betrieb*).

Die Berechnung der erforderlichen Querschnitte für die Abzugsrohre von Gasöfen ist aus Tab. 13 zu entnehmen.

Für die sogenannte „Übergangszeit", für Räume mit kurzer Benutzungsdauer — Wartehallen, Kirchen und dgl. — sind Gasöfen recht zweckmäßig.

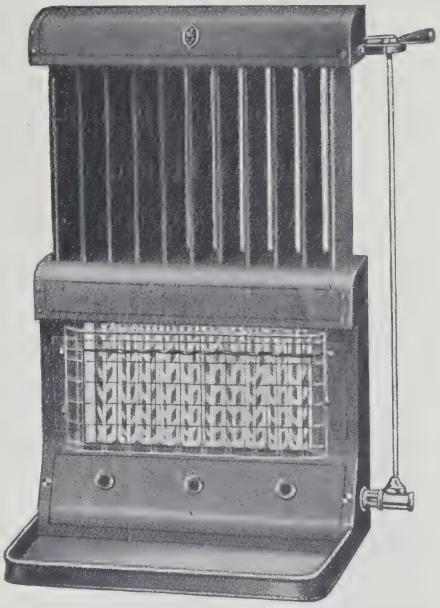


Fig. 3. Radiatoren-Gasheizofen für Strahlung und Lufterwärmung. (Askaniawerke A.-G. Dessau.)

Tabelle 13.

Stündlicher Gasverbrauch in cbm	Lichte Weite des Gasrohres in mm	Lichte Weite des Abzugsrohres in mm
0,2	10	50
1,2	16	80
2,0	19	90
3,8	25	120
7,5	32	150
12,0	38	170

IV. Elektrische Heizung.

Die hygienischen Vorteile dieser Heizungsart sind sehr groß. Die Anlagekosten sind gering, die Regulierfähigkeit ist gut. Die Öfen sind meist leicht transportierbar und können, da kein Schornsteinanschluß nötig ist, an jedem gewünschten Orte aufgestellt werden. Leider kommt bis jetzt die elektrische Heizung nur an Orten in Betracht, wo der elektrische Strom sehr billig ist.

Nach dem Jouleschen Gesetz ist die in einem Leiter entwickelte Stromwärme proportional der Zeit, dem Widerstand und dem Quadrat der Stromstärke. Bedeutet W die erzeugte Wärmemenge in WE/Sek., a das elektrische Wärmeäquivalent (0,00024), R den Widerstand in Ohm, J die

*) Zahlentafeln zur Ermittlung des Wärmebedarfs und der Ofengrößen bei Gasheizungen finden sich in „Gasfeuerstätten und Geräte für Niederdruckgas", 1925. (Oldenbourg, München.)

Stromstärke in Ampere und z die Zeit in Sekunden, während der der Strom wirkt, so ergibt sich folgende Formel:

$$W = a \cdot R \cdot J^2 \cdot z.$$

Unter Berücksichtigung des Ohmschen Gesetzes

$$\text{Stromstärke in Amp. (J)} = \frac{\text{Spannung in Volt (E)}}{\text{Widerstand in Ohm (R)}}$$

ergibt sich für die in 1 Stunde entwickelte Wärmemenge folgende Beziehung:

$$W = 3600 \cdot 0{,}00024 \cdot R \cdot \frac{E}{R} \cdot J = 0{,}86 \cdot E \cdot J \text{ WE/Std.}$$

Das Produkt E · J bedeutet = 1 Watt; mithin ist die in einem elektrischen Heizofen entwickelte Wärmemenge der Stromleistung direkt proportional. Da keine Wärme durch Abgase fortgeführt wird, kommt bei der elektrischen Heizung die gesamte erzeugte Wärmemenge dem zu beheizenden Raume zugute. Die bei den älteren Konstruktionen beobachteten hohen Oberflächentemperaturen sind bei den neueren Konstruktionen infolge entsprechender Bemessung der Heizflächen vermieden.

Fig. 4.
Elektrischer Wärmespeicherofen.
(A.E.G. Berlin.)

Bedeutet F die Heizfläche in Quadratmeter, t_1 ihre Temperatur in C, t die Temperatur der Umgebung in C und c die Wärmeüberleitungszahl, so besteht im Beharrungszustand, wo die entwickelte Wärme gleich der an die Luft abgegebene ist, die Beziehung:

$$0{,}86 \cdot E \cdot J = F \cdot c \cdot (t_1 - t).$$

Daraus berechnet sich die Heizfläche des Heizkörpers zu

$$F = \frac{0{,}86 \cdot E \cdot J}{c \cdot (t_1 - t)} \text{ qm.}$$

Man unterscheidet bei den elektrischen Öfen drei Ausführungsformen, nämlich Widerstandsheizung, Elektrodenheizung und Induktionsheizung. In Fig. 4 ist eine moderne Form des elektrischen Ofens abgebildet.

In Gegenden, wo billiger Nachtstrom, z. B. von Wasserkraftwerken zur Verfügung steht, lohnt es sich, während der Nacht kachelofenartige Wärmespeicher elektrisch zu erhitzen, die dann tagsüber ihre Wärme an die Räume abgeben.

Unter ausschließlicher Berücksichtigung der Brennstoffpreise ist die Gasheizung etwa dreimal so teuer wie die Koksheizung und die elektrische Heizung etwa achtmal so teuer wie die Gasheizung. Der Berechnung ist ein Kokspreis von 6 Pfg/kg und ein Gaspreis von 18 Pfg/cbm zugrunde gelegt. Die Kilowattstunde ist mit 40 Pfg. in Ansatz gebracht. Dieser Kostenvergleich ist aber nur sehr approximativ, weil streng genommen auch noch andere Gesichtspunkte, wie Anschaffungspreis, Kosten für die Zu-

fuhr des Heizmaterials usw. bei der Aufmachung einer regelrechten Vergleichsberechnung berücksichtigt werden müssen.

V. Eisenöfen.

Der moderne eiserne Qualitätsofen ist ein ebenbürtiger Genosse der übrigen Öfen und Heizsysteme. Gerade seine speziellen Vorzüge, wie geringer Platzbedarf, große Beweglichkeit und verhältnismäßig geringer Preis machen ihn bei der Auswahl eines Heizsystems zu einem in Erwägung zu ziehenden Mitbewerber.

Die Beurteilung, die der eiserne Ofen im Laufe der Zeit von hygienischer Seite bekommen hat, ist, wenn man die Literatur daraufhin durchsieht, nicht ganz eindeutig. Diese Wertung stützt sich aber sehr häufig auf Erfahrungen, die mit diesem oder jenem einzelnen Modell gemacht worden sind und basieren meist nicht auf experimenteller Untersuchung.

Als Nachteile des eisernen Ofens werden zumeist seine hohe Oberflächentemperatur und im Zusammenhang hiermit die starke Strahlung und die unangenehme Staubversengung genannt. Ferner wird hervorgehoben, daß nach dem Erlöschen der Öfen die Raumtemperatur sehr schnell absinkt.

Bei dem heutigen Stande der deutschen Eisenofenfabrikation darf ein ungünstiges Urteil nicht mehr auf Erfahrungen aufgebaut werden, die mit den bekannten niedrigen einfachen Zylinderöfen (Kanonenöfen) ohne ausreichende Ausmauerung des Zylinders gemacht werden. Leider haben wegen ihrer großen Billigkeit diese Öfen in der ausgesprochenen Wohnungsheizung große Verbreitung gefunden. Sie sollten aber nur dann gebraucht werden, wenn es sich um ganz vorübergehende Benutzung oder um die Beheizung untergeordneter Räumlichkeiten handelt. Diese Öfen können, zumal bei unsachgemäßem Betrieb außerordentlich unhygienisch sein (starke Strahlungswärme, glühende Umwandung, Luftverschlechterung). Außerdem ist ihr Brennstoffverbrauch recht erheblich. Das gilt aber nicht für die neueren Qualitätseisenöfen, die in der Ausnutzung der Brennstoffe guten Kachelöfen durchaus ebenbürtig sind.

Da die Oberflächentemperatur des Eisenofens, zumal bei falscher Bedienung, leicht 100° übersteigen kann, ist die Möglichkeit der Staubversengung gegeben. Werden jedoch bei der Konstruktion des Ofens überflüssige staubfangende Verzierungen vermieden, glatte Wände bevorzugt und diese durch häufige Reinigung möglichst staubfrei gehalten, so wird dem Vorwurf der Staubversengung von vornherein der Boden entzogen.

Die Abgabe der Wärme durch Strahlung ist ein bedeutender Vorzug des Eisenofens. Die Strahlen sind in ihrer Wirkung am intensivsten am Fußboden und in einer Höhe von 1,5 m (Ofenhöhe). Strahlende Wärme wirkt in normalen Grenzen auf den Menschen nicht unangenehm. Von lästigstrahlender Wärme ist man in der Regel erst dann geneigt zu sprechen, wenn der Ofen und somit das Zimmer überheizt ist. Die Verhältnisse hinsichtlich der Wärmeabgabe können sich naturgemäß erheblich verschlechtern, wenn die Ofenwände womöglich auf Rotglut erhitzt werden. Das ist zu vermeiden, schon um die Haltbarkeit des Ofens nicht herabzusetzen. Der Vorzug, daß Eisenöfen gelegentlich Überlastungen ohne Schaden ertragen können, wird ihnen insofern häufig zum Verhängnis, als für einen bestimmten Raum ein zu kleiner Ofen gekauft wird, der zur Erzielung der nötigen Wärmeabgabe notgedrungen dauernd überlastet werden muß. Wenn sich dann unhygienische Luft- und Wärmeverhältnisse ergeben, so kann man das nicht auf den Eisenofen im allgemeinen zurückführen. Die häufig in Laienkreisen wieder-

gegebene Behauptung, daß Eisenöfen in glühendem Zustande Kohlenoxydgase hindurchlassen sollen, wird von technischer Seite als nicht zutreffend bezeichnet. Da in der Literatur hierüber nichts zu finden ist, sind eigene Versuche geplant.

Zur Milderung der Wärmestrahlung sind Ofenschirme im Gebrauch. Durch den Schirm dürfen aber die Wärmestrahlen, die auf den Fußboden fallen, nicht beeinträchtigt werden und der Ofenschirm darf daher erst etwa 0,60 m über dem Fußboden anfangen. Bei richtiger Bedienung des Ofens dürfte ein Ofenschirm überhaupt überflüssig sein. Gemilderte Wärmestrahlung haben übrigens emaillierte eiserne Öfen, die neuerdings hergestellt werden und sich zunehmender Beliebtheit erfreuen.

Es ist also von größter Wichtigkeit, beim Kauf des Ofens die richtige, d. h. für den betreffenden Raum bei normaler Belastung des Ofens, ausreichende Größe zu wählen. Die früher übliche Berechnung der Heizfläche lediglich nach der Raumgröße schien nicht zuverlässig genug, und es waren daher im Auftrage der wärmetechnischen Abteilung des Vereins Deutscher Eisenofenfabrikanten Zahlentafeln entworfen worden, aus denen die nötige Heizfläche — errechnet auf Basis der Gesamtlänge der Außenwände eines Raumes — entnommen werden konnten. Diese Zahlentafeln haben sich aber in der Praxis nicht bewährt, und es ist zweckmäßig, bei der Auswahl der Größe eiserner Zimmeröfen irischer und amerikanischer Bauart nach den Richtlinien zu verfahren, die die heiztechnische Kommission der Vereinigung Deutscher Eisenofenfabrikanten neuerdings ausgearbeitet hat. Unter Zugrundelegung eines sogenannten „Grundraumes“ (normal gebauter, mit Einfachfenstern versehener Eckraum mit warmem Fußboden und Decke, geheizten Anschlußräumen und einer Gesamtfensterfläche von nicht mehr als ein Fünftel der Außenflächen des Raumes) sind Heizleistungstafeln aufgestellt worden, in denen die Beziehungen zwischen Rauminhalt, Heizfläche und Heizleistung für Temperaturunterschiede zwischen Außen und Innen von 20°, 30° und 40° bei Zeit- und Dauerheizung festgelegt sind (s. Tab. 14 und 15).

Tabelle 14.

Heizleistungstafel eiserner Zimmeröfen.

(Irische Bauart.)

Heizfläche in qm	Wärmeabgabe WE/Std.	Dauerheizung				Zeitheizung		
		Temp.-Steigerung gegen Außenluft						
		20° C	30° C	40° C		20° C	30° C	40° C
		Beheizter Grundraum in cbm						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,50	2 000	40	30	20		10	—	—
0,55	2 250	50	35	25		15	—	—
0,60	2 400	70	50	35		20	15	10
0,65	2 600	85	60	40		30	20	15
0,70	2 800	100	75	50		50	35	25
0,75	3 000	115	90	60		60	45	30
0,80	3 200	130	100	65		70	50	35
0,85	3 400	150	110	75		80	60	40
0,90	3 600	170	130	85		100	75	50
0,95	3 800	185	135	90		110	80	55

Heizfläche in qm	Wärmeabgabe WE/Std.	Dauerheizung				Zeitheizung		
		Temp.-Steigerung gegen Außenluft						
		20° C	30° C	40° C		20° C	30° C	40° C
		Beheizter Grundraum in cbm						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,00	4 000	200	150	100		120	90	60
1,05	4 200	215	155	105		130	100	65
1,10	4 400	230	170	115		140	105	70
1,15	4 600	245	180	120		155	110	75
1,20	4 800	260	195	130		170	130	85
1,25	5 000	270	200	135		180	135	90
1,30	5 200	280	210	140		190	140	95
1,35	5 400	295	220	145		200	150	100
1,40	5 600	310	230	155		210	155	105
1,45	5 800	325	240	160		225	165	110
1,50	6 000	340	255	170		240	180	120
1,55	6 200	355	265	175		250	190	125
1,60	6 400	370	280	185		260	195	130
1,65	6 600	385	285	190		270	205	135
1,70	6 800	400	300	200		280	210	140
1,75	7 000	415	310	205		290	220	145
1,80	7 200	430	325	215		300	225	150
1,85	7 400	450	340	225		310	235	155
1,90	7 600	470	355	235		320	240	160
1,95	7 800	485	360	240		330	250	165
2,00	8 000	500	375	250		340	255	170
2,05	8 200	515	385	255		350	265	175
2,10	8 400	530	400	265		360	270	180
2,15	8 600	545	405	270		375	280	185
2,20	8 800	560	420	280		390	295	195
2,25	9 000	580	435	290		400	300	200
2,30	9 200	600	450	300		410	310	205
2,35	9 400	620	465	310		425	315	210
2,40	9 600	640	480	320		440	330	220
2,45	9 800	660	495	330		450	340	225
2,50	10 000	680	510	340		460	345	230
2,55	10 200	700	525	350		485	360	240
2,60	10 400	720	540	360		490	370	245
2,65	10 600	750	555	370		500	375	250
2,70	10 800	770	580	385		510	385	255
2,75	11 000	785	585	390		525	390	260
2,80	11 200	800	600	400		540	405	270
2,85	11 400	825	615	410		550	415	275
2,90	11 600	850	640	425		560	420	280
2,95	11 800	875	655	435		575	430	285
3,00	12 000	900	675	450		590	445	295
3,05	12 200	925	690	460		600	450	300
3,10	12 400	950	710	475		610	460	305
3,15	12 600	975	730	485		625	465	310
3,20	12 800	1000	750	500		640	480	320
3,25	13 000	1025	765	510		655	490	325
3,30	13 200	1050	790	525		670	500	335
3,35	13 400	1075	805	535		685	510	340
3,40	13 600	1100	825	550		700	525	350
3,45	13 800	1125	840	560		715	535	355
3,50	14 000	1150	865	575		730	550	365

Tabelle 15.

Heizleistungstafel eiserner Zimmeröfen.
(Amerikanische Bauart und Kochkachelöfen.)

Heizfläche in qm	Wärmeabgabe WE/Std.	Dauerheizung				Zeitheizung		
		Temp.-Steigerung gegen Außenluft						
		20° C	30° C	40° C		20° C	30° C	40° C
		Beheizter Grundraum in cbm						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,60	1800							
0,65	1950	40	30	20		Nur für Öfen mit Kochkachel!		
0,70	2100	50	40	25				
0,75	2250	60	45	30				
0,80	2400	70	55	35				
0,85	2550	85	65	45				
0,90	2700	100	75	50		40	30	20
0,95	2850	110	85	55		50	40	25
1,00	3000	120	90	60		60	45	30
1,05	3150	130	100	65		70	55	35
1,10	3300	140	105	70		80	60	40
1,15	3450	115	115	75		90	70	45
1,20	3600	170	130	85		100	75	50
1,25	3750	180	135	90		110	85	55
1,30	3900	190	145	95		120	90	60
1,35	4050	200	150	100		130	100	65
1,40	4200	210	160	105		140	105	70
1,45	4350	225	165	110		140	105	70
1,50	4500	240	180	120		150	110	75
1,55	4650	250	190	125		160	120	80
1,60	4800	260	195	130		170	130	85
1,65	4950	270	200	135		180	135	90
1,70	5100	280	210	140		190	140	95
1,75	5250	290	220	145		200	150	100
1,80	5400	300	225	150		210	155	105
1,85	5550	310	230	155		220	165	110
1,90	5700	320	240	160		220	165	110
1,95	5850	330	250	165		230	175	115
2,00	6000	340	255	170		240	180	120
2,05	6150	350	265	175		250	190	125
2,10	6300	360	270	180		250	190	125
2,15	6450	370	280	185		260	195	130
2,20	6600	380	285	190		270	200	135
2,25	6750	400	300	200		280	210	140
2,30	6900	410	310	205		290	220	145
2,35	7050	420	315	210		300	225	150
2,40	7200	430	325	215		300	225	150
2,45	7350	450	340	225		310	230	155
2,50	7500	460	345	230		320	240	160
2,55	7650	470	355	235		330	250	165
2,60	7800	480	360	240		340	255	170
2,65	7950	500	375	250		350	265	175
2,70	8100	510	385	255		350	265	175
2,75	8250	520	390	260		360	270	180
2,80	8400	530	400	265		370	280	185

Heizfläche in qm	Wärmeabgabe WE/Std.	Dauerheizung				Zeitheizung		
		Temp.-Steigerung gegen Außenluft						
		20° C	30° C	40° C		20° C	30° C	40° C
		Beheizter Grundraum in cbm						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,85	8550	550	415	275		380	285	190
2,90	8700	560	420	280		390	295	195
2,95	8850	570	430	285		390	295	195
3,00	9000	580	435	290		400	300	200
3,05	9150	600	450	300		410	310	205
3,10	9300	610	460	305		420	315	210
3,15	9450	620	465	310		430	325	215
3,20	9600	640	480	320		440	330	220

Als Heizfläche gilt die gesamte Oberfläche des Ofens einschließlich Boden, Feuerraumabdeckung, ausschließlich Ofenfüße und Bekrönung.

Der Wärmedurchgang für 1 qm Heizfläche beträgt bei irischen Öfen 4000 WE/qm/Std., bei amerikanischen Öfen und Öfen mit Kochkacheln 3000 WE/qm/Std. als obere Grenzleistung.

Entsprechend den örtlichen und baulichen Besonderheiten und Abweichungen des betreffenden Raumes gegenüber dem den Leistungstafeln zugrundeliegenden Grundraum wird durch besondere Zuschläge Rechnung getragen:

a) für Orte, die über 600 m über Meeresspiegel liegen (Gebirgsgegenden), ferner für einzelne besonders kalte Orte in den Provinzen Oberschlesien, Posen, Ost- und Westpreußen und im östlichen Pommern 15%
b) für ausgesprochene Nordlage (NO, N, NW) 10%
c) bei freistehenden Häusern 10%
d) bei starkem Windanfall 15%
e) bei ungeheizten Nebenräumen je Raum 5%
f) bei kalten Decken und Böden je 5%
g) bei Dachgeschoßräumen mit darüberliegenden Dachböden 20%
h) bei Räumen, die an Durchfahrten grenzen, welche von kalter Außenluft durchstrichen werden 20%
i) bei Gebäuden mit geringerer Außenwandstärke als 1½ Stein (38 cm) und ohne durchgehenden beiderseitigen Verputz (insbesondere Holzsteinfachwerk) . . 20%
k) für Räume mit drei Außenwänden 30%
l) für Räume, die einem häufigen Durchgangsverkehr unterworfen sind (Geschäftsräume, Läden), ferner Räume, die einen unmittelbaren Ausgang ins Freie ohne Windfang besitzen 50%
m) für ungewöhnlich gebaute Räume, wie z. B. Ateliers oder Verkaufsräume mit besonders großen Glasflächen, Räume, deren Fensterfläche größer als $^1/_5$ der Außenwandfläche ist, Fabrikräume, Hallen sowie Räume über 400 cbm Inhalt kommen je nach Lage des Einzelfalles besondere Zuschläge in Betracht. Es empfiehlt sich in solchen Fällen stets eine Einzelberechnung der Wärmeverluste auf Grund genauer Unterlagen, wie Bauzeichnungen, Materialangaben usw.

Ein Abschlag für Doppelfenster ist zulässig in Höhe von 20% bei Räumen mit sorgfältig abgedichteten, für sich getrennten Doppelfenstern mit einem Mindestabstand von 10 cm voneinander.

Die praktische Feststellung einer nötigen Heizfläche auf Grund der Heizleistungstafeln geschieht nach folgendem Schema:

1. Die Raumgröße wird durch Messung bestimmt (cbm).
2. Die erforderliche Temperatursteigerung gegenüber der tiefsten Außentemperatur (vgl. Tab. 12), die Heizungsart und die Ofenart wird festgelegt.
3. Die erforderliche Ofengröße (Heizfläche) wird unter Berücksichtigung von 1. und 2. aus der betreffenden Heizungstafel abgelesen (Tab. 14 oder 15).
4. Von dieser abgelesenen Heizungsfläche werden 20% abgezogen, sofern der betreffende Raum Doppelfenster hat.
5. Die für den Raum zutreffenden Zuschläge werden zusammengerechnet und der Heizfläche zuaddiert.
6. Wird bei Zeitheizung die Verwendung von Braunkohlenbriketts (mit etwa 5250 WE/kg) oder von stückigen Rohbraunkohlen (mit etwa 3500 WE/kg) beabsichtigt, so kommt im ersten Falle ein Zuschlag von 30%, im zweiten ein solcher von 100% in Frage (s. Punkt VII des Fragebogens).

Es empfiehlt sich beim Kauf eines eisernen Ofens die Benutzung des folgenden Fragebogens der Vereinigung Deutscher Eisenofenfabrikanten.

Fragebogen

zur Auswahl der geeigneten Ofengröße unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse.

I. Dauerheizung oder Zeitheizung? . . . . . .
II. Verwendungszweck des Raumes? . . . . . .
III. Gewünschte Raumtemperatur? . . . . . ° C
Tiefste Außentemperatur? . . . . . ° C
IV. Raumgröße: Länge ... m, Breite ... m, Höhe ... m, Inhalt ... cbm
V. Fensterart: Einfachfenster oder getrennte Doppelfenster mit 10 cm Mindestabstand? . . . .%
VI. a) Lage über dem Meeresspiegel? . . . . . m
Gegend (Land, Provinz, Stadt)? . . . .%
b) Lage des Raumes zur Himmelsrichtung? . . . .%
c) Lage und Art des Hauses: Reihenhaus oder freistehend? . . . .%
d) Ist das Haus besonderen Windanfällen ausgesetzt? . . . .%
e) Anzahl der ungeheizten Nebenräume? . . . .%
f) Darüber oder darunter liegende Räume, geheizt oder ungeheizt? . . ....%
g) Raum befindet sich in welchem Geschoß? . . . .%
h) Grenzt der Raum an Durchfahrten, die von kalter Außenluft durchstrichen werden? . . . .%
i) Bauart der Außenwände? . . . .%
k) Anzahl der Außenwände? . . . .%
l) Besteht häufiger Durchgangsverkehr? . . . .%
Sind unmittelbare Ausgänge ins Freie vorhanden? . . . .%
VII. In Aussicht genommener Brennstoff? . . . .%

Summe der Zuschläge

Berechnung:

Nach Heizleistungstafel ermittelte Heizfläche . . . .qm
Abzug für Doppelfenster 20% . . . .qm
.....
Summe der Zuschläge ....% . . . .qm
Erforderliche Heizfläche des Ofens . . . .qm

Da auch die Rauchgasabzugsrohre an der Beheizung des Zimmers teilnehmen, können von der ermittelten Heizflächengröße hierfür noch entsprechende Abzüge gemacht werden. Am zweckmäßigsten ist es, nur etwa die Hälfte der gesamten Rauchrohroberfläche in Rechnung zu setzen. Niemals dürfen die Abzugsrohre mit mehr als einem Drittel des Gesamt-

bedarfs an Heizfläche in Ansatz gebracht werden. Für die gebräuchlichsten Rauchrohre kommen folgende Flächengrößen in Frage:

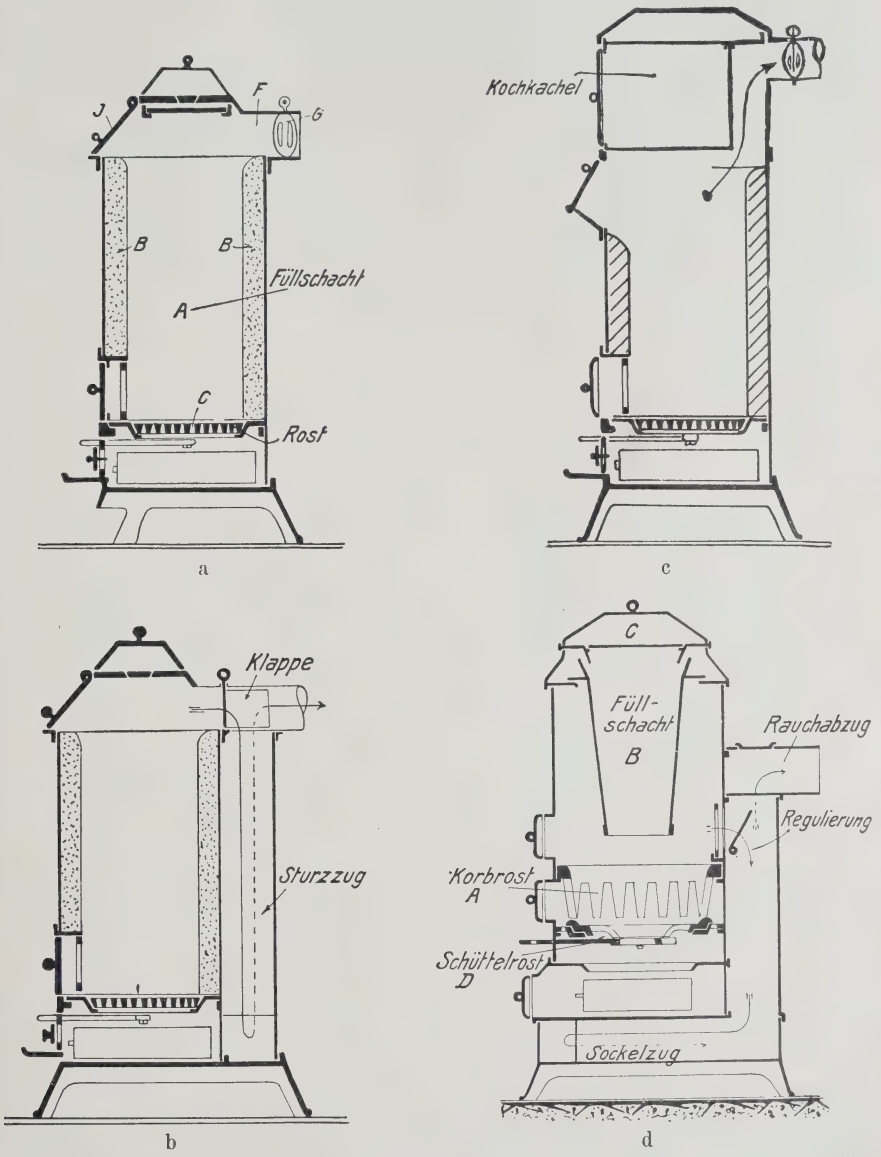


Fig. 5. Eisenofen (schematische Darstellung). a Einfacher irischer Ofen. b Irischer Ofen mit Sturzzug. c Irischer Ofen mit oberer Zugführung. d Irischer Einsatzofen. (Nach: Der eiserne Zimmerofen, Verlag R. Oldenbourg, 1923; s. Literaturangaben.)

1 m Rohr	von	110	mm	Durchmesser	besitzt	0,35	qm	Heizfläche
1 Knie	„	110	„	„	„	0,07	„	„
1 m Rohr	„	130	„	„	„	0,41	„	„
1 Knie	„	130	„	„	„	0,10	„	„
1 m Rohr	„	150	„	„	„	0,47	„	„
1 Knie	„	150	„	„	„	0,13	„	„

In Fig. 5 sind verschiedene Konstruktionen von eisernen Öfen wiedergegeben. Am zweckmäßigsten sind die verschiedenen Arten der Dauerbrandöfen nach amerikanischem System, da diese das ganze Brennmaterial für 6—24 Stunden auf einmal aufzunehmen vermögen. Bei geschickter Bedienung brauchen diese Öfen während der gesamten Heizperiode nur ein einziges Mal angeheizt zu werden. Ein Vorteil dieses Heizbetriebes ist, daß die Räume über Nacht nur wenig auskühlen.

Um den eigentlichen Heizofen ist in gewissem Abstande häufig ein Blechmantel angeordnet, der eine Belästigung durch zu starke Strahlung verhindert. Außerdem verstärkt dieser Mantel die Zirkulation der Zimmerluft, zumal der Mantelraum mit einem Lüftungskanal verbunden werden kann, durch den fortwährend frische Luft in das Zimmer gefördert wird. Da diese Öfen gut zu regulieren sind, entsprechen sie allen Anforderungen, die an ein gutes Heizsystem zu stellen sind.

VI. Kachelöfen.

Die Kachelöfen haben den Vorteil, daß ihre Oberflächentemperatur verhältnismäßig niedrig bleibt. Infolge seiner großen Wärmespeicherung

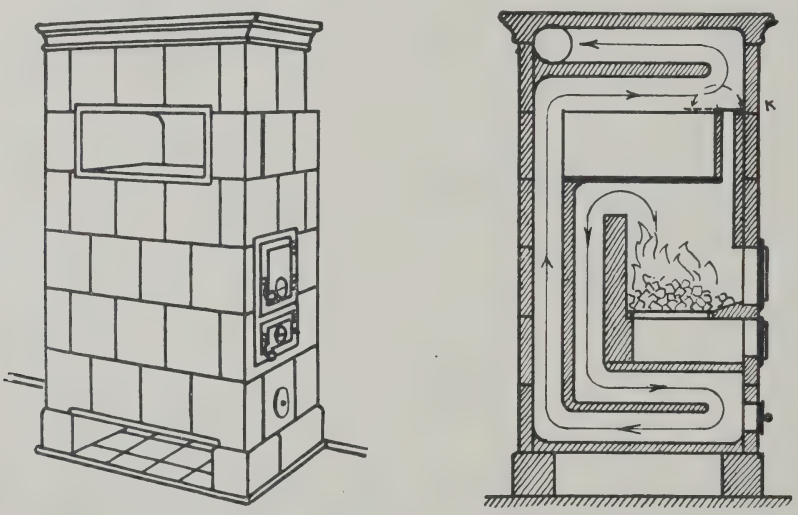


Fig. 6a. Kachelofen mit Unterzug. (Aus Rubner, Gruber, Ficker, Handb. d. Hyg., Bd. II, 1. Abt., 1927, Hirzel, Leipzig.)

gibt der Ofen auch nach dem Erlöschen des Feuers noch lange eine milde und angenehme Wärme ab. Er braucht in der Regel nur einmal täglich geheizt zu werden und ist, da er meistens in gefälligen Formen und freundlichen hellen Farbtönen gehalten wird, ein Schmuckstück des Zimmers. Die Nachteile des Kachelofens sind seine schlechte Regulierbarkeit, die lange Anheizzeit und der verhältnismäßig große Platzbedarf. Unzweckmäßig ist ferner seine meist zwangsläufige Plazierung an den Rauminnenwänden, da die Schornsteine meist durch die Mittelwände laufen. Nach Ansicht von Korff-Petersen sind für unser Klima nur kleine Kachelöfen angezeigt, die zur guten Ausnutzung der Heizflächen frei stehen und ohne die Luftzirkulation hemmende Verzierungen sein müssen.

Die Kachelofenheizung ist für die Wohnraumheizung sehr beliebt und nach statistischen Feststellungen soll sein Anteil an der allgemeinen Wohnungsheizung etwa 90% betragen (?). Verschiedene Formen der Kachelöfen werden aus den beigegebenen Abbildungen 6a und 6b ersichtlich. Außer dem alten Berliner Kachelofen, der eine verhältnismäßig schwere Konstruktion darstellt, und dem sogenannten süddeutschen Kachelofen ist der von Brabbée entworfene Einheitskachelofen als moderne vervollkommnete Ausführungsart zu nennen.

Die Berechnung der Größe der Kachelöfen erfolgt nach der Länge der Außenwände des betreffenden Zimmers. Das Preußische Ministerium für Volkswohlfahrt hat von Hans Barlach, Berlin, die folgenden Tabellen zur Bestimmung der Heizflächen hochwertiger Kachelöfen auf Grund der Länge der Außenwände aufstellen lassen (Tab. 16—18).

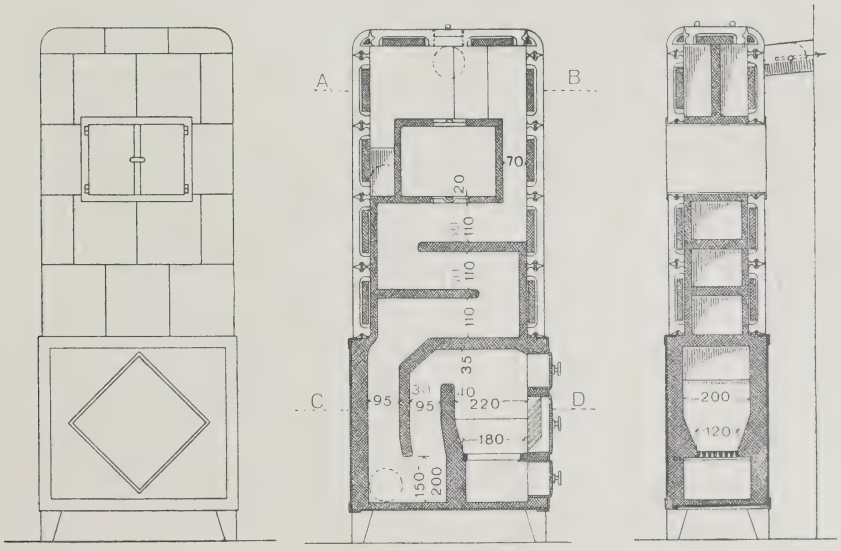


Fig. 6b. Kachelofen auf eisernem Unterbau. Feuerungsraum mit Schamotte ausgefüttert. Neuzeitliche Gestaltung einer in Schleswig-Holstein heimischen Ofenbauart. Musterentwurf der Heimstätte Schleswig-Holstein. (Aus: Wärmewirtschaft 1924, Verlag A. Lüdtke, Berlin.)

Die Flächenangaben der Tabellen gelten nur für hochwertige Öfen, die auf Füßen oder Sockelkästen stehen, niedrige breite Formen ohne ausladende Gesimse, tiefliegende Feuerung, Rostgröße von etwa $^1/_{150}$ der Heizfläche, einen Wandabstand von mindestens 12 cm und einen Wirkungsgrad von 80% haben. Den Tabellen liegt ein Temperaturunterschied von 20° zugrunde bei einer durchschnittlichen Außentemperatur von 0°. Die Öfen vertragen eine Mehrbelastung bis zu 25%.

Ist der Gesamtwärmeverlust W eines Raumes bekannt (in WE/Std.) und ist L die Wärmeleistung von 1 qm Ofenheizfläche in WE/Std. (L für Öfen mit Schmelzkacheln etwa 450, für Öfen mit Chamottekacheln etwa 550), so kann man sich die Kachelofenfläche F auch nach der Formel

$$F = \frac{W}{L} \text{ errechnen.}$$

Tabelle 16.

Bestimmung der Heizflächen für Kachelöfen [Räume mit Doppelfenstern]*).

Länge der Außenwand in m	Fall 1 für Innen- und Eckräume mit warmen Decken und Fußböden						Fall 2 für Eckräume mit kalten Decken und Fußböden						Fall 3 für Innenräume mit kalten Decken und Fußböden					
	Die lichte Geschoßhöhe beträgt in m																	
	2,2	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0	2,2	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0	2,2	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0
	Die Größe der Kachelheizfläche in qm																	
2	0,46	0,52	0,57	0,62	0,73	0,83	—	—	—	—	—	—	0,72	0,78	0,83	0,88	0,99	1,09
3	0,69	0,78	0,85	0,93	1,10	1,25	—	—	—	—	—	—	1,15	1,24	1,31	1,39	1,56	1,71
4	0,92	1,04	1,14	1,24	1,46	1,68	1,11	1,23	1,33	1,43	1,65	1,87	1,62	1,74	1,84	1,94	2,16	2,44
5	1,15	1,30	1,43	1,55	1,83	2,07	1,44	1,59	1,62	1,84	2,12	2,36	2,12	2,27	2,40	2,52	2,80	3,04
6	1,38	1,56	1,71	1,86	2,20	2,50	1,81	2,09	2,14	2,29	2,63	2,93	2,62	2,80	2,95	3,10	3,44	3,74
7	1,65	1,82	2,00	2,18	2,56	2,91	2,23	2,40	2,58	2,76	3,14	3,49	3,25	3,42	3,60	3,78	4,16	4,51
8	1,84	2,08	2,28	2,49	2,93	3,32	2,56	2,80	3,00	3,21	3,65	4,04	3,74	3,98	4,18	4,39	4,83	5,12
9	2,08	2,34	2,57	2,79	3,30	3,73	2,97	3,23	3,46	3,68	4,19	4,62	4,28	4,54	4,77	4,99	5,50	5,93
10	2,30	2,61	2,85	3,10	3,66	4,15	3,38	3,69	3,93	4,18	4,74	5,23	4,90	5,21	5,45	5,70	6,26	6,75
11	2,53	2,87	3,14	3,41	4,00	4,56	3,82	4,16	4,43	4,70	5,29	5,85	5,49	5,83	6,10	6,37	6,96	7,52
12	2,76	3,12	3,43	3,74	4,38	4,98	4,30	4,66	4,97	5,28	5,92	6,52	6,13	6,49	6,80	7,11	7,75	8,35
13	3,00	3,39	3,71	4,04	4,75	5,40	4,78	5,17	5,49	5,82	6,53	7,18	6,78	7,17	7,49	7,82	8,53	9,18
14	3,23	3,64	3,98	4,34	5,11	5,81	5,29	5,70	6,04	6,40	7,17	7,87	7,43	7,84	8,18	8,54	9,31	10,01
15	3,45	3,91	4,28	4,65	5,49	6,25	5,84	6,30	6,67	7,04	7,88	8,64	8,10	8,56	8,93	9,30	10,14	10,90

*) Anmerkung s. S. 270, Fußnote.

Tabelle 17.

Bestimmung der Heizflächen für Kachelöfen [Räume mit Einfachfenstern]*).

Länge der Außenwand in m	Fall 1 für Innen- und Eckräume mit warmen Decken und Fußböden						Fall 2 für Eckräume mit kalten Decken und Fußböden						Fall 3 für Innenräume mit kalten Decken und Fußböden					
	Die lichte Geschoßhöhe in m																	
	2,2	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0	2,2	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0	2,2	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0
	Die Größe der Kachelheizfläche beträgt in qm																	
2	0,67	0,76	0,83	0,91	1,06	1,21	—	—	—	—	—	—	0,93	1,02	1,09	1,17	1,32	1,47
3	1,01	1,14	1,24	1,37	1,59	1,82	—	—	—	—	—	—	1,47	1,60	1,70	1,83	2,05	2,28
4	1,34	1,52	1,66	1,82	2,12	2,42	1,53	1,71	1,85	2,01	2,31	2,61	2,04	2,22	2,36	2,52	2,82	3,18
5	1,68	1,90	2,08	2,27	2,65	3,03	1,97	2,19	2,37	2,56	2,94	3,32	2,65	2,87	3,05	3,24	3,62	4,00
6	2,02	2,29	2,50	2,72	3,18	3,64	2,45	2,72	2,92	3,15	3,61	4,07	3,26	3,53	3,74	3,96	4,42	4,88
7	2,35	2,66	2,90	3,20	3,72	4,24	2,93	3,24	3,48	3,78	4,30	4,82	3,95	4,26	4,50	4,80	5,32	5,84
8	2,68	3,05	3,33	3,64	4,30	4,85	3,40	3,77	4,05	4,36	5,02	5,57	4,58	4,95	5,23	5,54	6,20	6,65
9	3,02	3,42	3,74	4,10	4,75	5,45	3,91	4,31	4,63	4,99	5,64	6,34	5,22	5,62	5,94	6,30	6,95	7,65
10	3,35	3,80	4,15	4,55	5,06	6,06	4,43	4,88	5,23	5,63	6,14	7,14	5,95	6,40	6,75	7,15	7,66	8,66
11	3,69	4,18	4,58	5,00	5,74	6,68	4,98	5,47	5,87	6,29	7,13	7,97	6,65	7,14	7,54	7,96	8,70	9,64
12	4,05	4,56	4,98	5,47	6,37	7,29	5,59	6,10	6,52	7,01	7,91	8,83	7,42	7,93	8,35	8,84	9,74	10,66
13	4,36	4,95	5,04	5,94	6,90	7,88	6,14	6,73	7,18	7,72	8,68	9,66	8,14	8,73	9,18	9,72	10,68	11,66
14	4,69	5,32	5,81	6,38	7,42	8,50	6,75	7,38	7,87	8,44	9,48	10,56	8,89	9,52	10,01	10,58	11,62	12,70
15	5,02	5,71	6,22	6,83	7,95	9,10	7,41	8,10	8,61	9,22	10,34	11,50	9,67	10,36	10,87	11,48	12,60	13,75

*) Anmerkung s. S. 270, Fußnote.

Tabelle 18.

Zuschläge für kalte und halbkalte Innenwände*).

Geschoßhöhe in m	2,2	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0
a) 1 lfd. m kalte Innenwand erfordert Heizfläche, qm	0,10	0,11	0,12	0,13	0,15	0,18
b) 1 lfd. m halbkalte Innenwand erfordert Heizfläche, qm	0,065	0,07	0,08	0,09	0,10	0,115

VII. Luftheizung.

Die Luftheizung ist die älteste Art der Zentralheizung. Als Motor wird die Gewichtsdifferenz zwischen kalter und warmer Luft benutzt (s. Fig. 7).

Die Vorteile bestehen in verhältnismäßig geringen Anlagekosten, wenn beim Bau des Hauses hierauf entsprechend Rücksicht genommen wird. Es besteht bei dieser Art der Heizung die Möglichkeit eines schnellen Anheizens und einer starken Lüftung. Die Aufstellung von Heizkörpern in den Räumen fällt fort. Die Lebensdauer der Anlage ist nahezu unbegrenzt. Wird ihre Ausführung einer auf diesem Gebiete besonders erfahrenen Firma übertragen, so entspricht diese Heizungsart durchaus allen zu stellenden Anforderungen.

Die Nachteile der Luftheizung bestehen in ihrem verhältnismäßig geringen Aktionsradius. Sie ist in fertigen Gebäuden nicht mehr einzubauen und erschwert wegen der Unterbringung der Luftschächte den Hochbau. Ihre Regulierung ist für den Fall schwierig, daß nicht alle Zimmer denselben Wärmebedarf haben. Bei schlechter Ausführung kann die Luftheizung gesundheitliche, technische und wirtschaftliche Nachteile bringen. Überhitzung der Heizflächen, undichte Stellen in den Öfen ermöglichen den Austritt von Heizgasen und können die Luftbeschaffenheit der beheizten Räume bedenklich verschlechtern. Bei starkem Wind muß mit ungenügender Erwärmung ungünstig liegender Räume gerechnet werden. In solchen Fällen wird der Brennstoffbedarf hoch.

Die Luftheizung ist besonders geeignet für Räume mit starkem Lüftungsbedarf, und man bedient sich ihrer in neuester Zeit hauptsächlich in Fabriken, Kirchen, Saalbauten, Warenhäusern u. dgl. Für Wohnhäuser eignet sie sich weniger, weil hier die Unannehmlichkeiten, die in schwieriger Regulierung, in starker Abhängigkeit der Räume voneinander, besonders bei stärkerem Windanfall, in Fortleitung des Luftschalles durch die Luftkanäle usw. bestehen, empfindlicher hervortreten können.

Bei einer Luftheizungsanlage unterscheidet man zunächst den Heizapparat oder Kalorifer, der gewöhnlich aus einem großen gußeisernen Schüttofen besteht. Die Öfen müssen vollkommen dicht gebaut sein, sollen möglichst wenig Gelegenheit zu Staubablagerungen bieten und in allen Teilen leicht gereinigt werden können. Die Heizflächen sollen keine sehr hohen Temperaturen aufweisen und dürfen insbesondere wegen der Luftverschlechterung durch Staubversengung nicht zum Glühen kommen. Den Heizkörper umschließt die Heizkammer, in die unten durch einen weiten

*) Zu den nach den Tabellen 16, 17 und 18 berechneten Heizflächen kommen noch für die Himmelsrichtung nach N, NO und NW 15% Zuschlag; für Windanfall ebenfalls 15%; für besondere Klimata (Meeresküste, Gebirge usw.) 30—40%; für sogenannte Berliner Zimmer je nach besonderem Umstand 50—90%.

Kanal die Zuluft eintritt. Sie muß leicht zugängig sein (Reinigung und Reparaturen) und zur Verhütung von ungenutzter Wärmeabgabe isoliert werden. Heizkammer und Heizapparat werden an den tiefsten Ort des Hauses gelegt. Die Heizluftkanäle nehmen ihren Anfang im oberen Teile der Heizkammer und werden möglichst vertikal weitergeführt. Die Höhe der Temperatur der Heizluft kann verschieden geregelt werden. Bei Wohnbauten soll die Lufterwärmung durch den Kalorifer nicht höher als etwa 40° sein. Jeder Wohnraum hat seinen eigenen Heizluftkanal. Die Kanalöffnung soll nicht, wie man häufig beobachten kann, als vergitterte Öffnung im Fußboden liegen (Verschmutzungsgefahr), sondern in der Wand, etwa 1—2 m über Kopfhöhe. Die Größe der Öffnung ist so zu bemessen, daß die Geschwindigkeit der austretenden Luft keinesfalls mehr als höchstens 1 m beträgt (für größere Zimmer mehrere Austrittsöffnungen). Die Luftkanäle müssen im Innern sorgfältig verputzt werden, damit sich kein Staub ablöst. Neuerdings werden auch Kanäle aus Stahlblech gebaut, weil sie weniger zur Staubablagerung neigen.

Da je nach der Außentemperatur der Wärmebedarf eines Raumes stark schwanken kann, so ist besonders bei dieser Heizung die Regulierung von einer Zentrale her erforderlich (Kontrolle durch Fernthermometer, Vermeidung örtlicher Regulierung).

Je nach der Art der Lufterwärmung unterscheidet man Feuer-, Dampf-, Wasser- und Gasluftheizung. Sämtliche Luftheizungsarten können als Frischluft-(Ventilations-), als Umluft-(Zirkulations-) oder als Frischluft-Umluftheizung betrieben werden.

Bei der Umluftheizung handelt es sich um denselben Vorgang, der bei der Luftumwälzung durch Wärmeströmung (s. S. 232) besprochen ist, nur mit dem Unterschiede, daß sich die Heizstelle außerhalb des Raumes befindet und daß eine größere Zahl von Räumen zugleich an der Luftumwälzung teilhat. Die Heizluft strömt durch Steigkanäle in die betreffenden Räume, gibt hier die Wärme ab und sinkt infolge der Abkühlung in Rücklaufkanälen wieder zur Heizung zurück. Nach dem Gesagten eignet sich die reine Umluftheizung ohne Frischluftzufuhr nicht besonders für Wohnbauten, weil immer wieder die in den verschiedenen Räumen (Wohn-, Rauch-, Schlaf-, Speise-, Krankenzimmer usw.) vorhandene Luft an dem Kreislauf teilnimmt.

Frischluftheizungen sind im Prinzip nichts anderes als mit höheren Temperaturen betriebene Lüftungsanlagen, und es sind hier die bereits im Abschnitt „Lüftung" gemachten Angaben über Luftentnahmestellen, Luftreinigung, Anordnung der Zu- und Abluftkanäle u. dgl. zu beachten. Die Frischluftheizung erfordert naturgemäß erheblich größeren Brennstoffbedarf als die Umluftheizung. Infolgedessen ist man zu einer recht zweckmäßigen Kombination dieser beiden Betriebsarten geschritten und läßt die Anlagen dergestalt arbeiten, daß für das Anheizen der Umluftbetrieb gewählt wird, und daß nach Erreichen der gewünschten Raumlufttemperatur dem Heizkörper nunmehr nicht wieder nur die Raumluft, sondern ein Gemisch von Frischluft und Raumluft zugeführt wird. Das Schema einer Luftheizungsanlage geht aus Fig. 7 hervor.

Bei der Berechnung von Luftheizanlagen bedient man sich folgender Formel:

$$W = \frac{0{,}306 \cdot L}{1 + \alpha t_1} (t_2 - t_1).$$

W = Wärmemenge, die zur Erwärmung der Luftmenge L von $t_1{}^0$ auf $t_2{}^0$ nötig ist in WE/Std.
L = Luftmenge, die von t_1 auf t_2 erwärmt werden soll in cbm/Std.
α = Ausdehnungskoeffizient der Luft = $^1/_{273}$.
t_1 = Temperatur der dem Heizkörper zuströmenden kalten Luft
t_2 = Temperatur der vom Heizkörper abströmenden Luft (gewünschte Heizlufttemperatur).

Löst man diese Gleichung nach L auf, so erhält man die Luftmenge in cbm/Std., die nötig ist, um die Wärmemenge W in WE/Std. dem Raume zuzuführen.

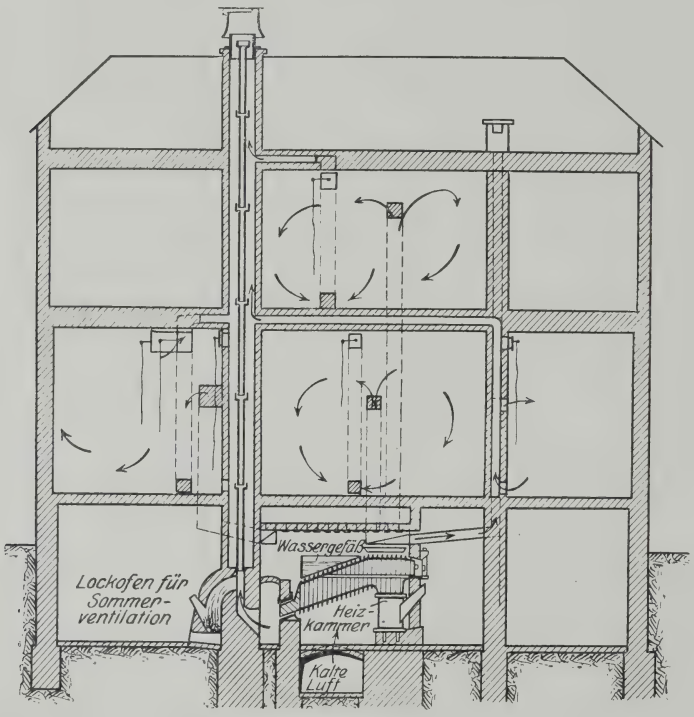


Fig. 7. Schema einer Luftheizungsanlage. (Aus Flügge, Grundriß d. Hyg., Berlin.)

VIII. Warmwasserheizung.

Für Wohnungen ist als Zentralheizung die Warmwasserheizung in der Form der Niederdruckwarmwasserheizung, auch Schwerkraftwarmwasserheizung genannt, sehr verbreitet und außerordentlich empfehlenswert.

Neben dem Vorteil, daß die Heizkörper nicht stark erhitzt werden und eine milde, angenehme Wärme abgeben, ist die Bedienung recht einfach. Der Betrieb arbeitet sicher und geräuschlos. Die Abkühlung geht, ähnlich wie bei der Kachelofenheizung, langsam vor sich. Wirtschaftlich vorteilhaft ist die Möglichkeit der Temperatureinstellung des Warmwassers nach dem jeweils vorhandenen Wärmebedarf (Übergangsjahreszeit, milde Winter).

Die Regulierfähigkeit ist allerdings beschränkt, vor allen Dingen, weil die Wärmeabgabe (Nachwärmung) recht anhaltend ist und dadurch unter

Umständen leicht eine Überwärmung einzelner Zimmer (z. B. zu spät abgeschaltete Schlafzimmer usw.) eintreten kann. Die Lebensdauer einer richtig angelegten und gut bedienten Warmwasserheizung ist groß. Die Gefahr des Einfrierens tritt nur bei Nachlässigkeiten in der Bedienung ein. Im Winter müssen nichtbetriebene Warmwasserheizanlagen, sofern sie nicht sehr gut gegen Frost gesichert sind, stets entleert werden. Die Anlagekosten sind verhältnismäßig hoch; die Heizung arbeitet um so wirtschaftlicher, je mehr Heizkörper in Betrieb sind. Bei Abschaltung einzelner Räume nimmt der Brennstoffverbrauch nicht in gleichem Maße ab.

Bei der Niederdruckwarmwasserheizung, bei der das gesamte Heizsystem mit Wasser gefüllt ist (beim Undichtwerden von Heizkörpern oder Rohrteilen kann unter Umständen starkes Ausströmen des Wasserinhaltes eintreten), wird das Wasser in einem Heizkessel, der sich an der tiefsten Stelle des Systems befindet, erwärmt. Infolge dieser Erwärmung verringert das Wasser sein spezifisches Gewicht und wird von der aus dem System nachströmenden kälteren und damit schwereren Wassersäule nach oben gedrängt. Hierbei strömt das erwärmte Wasser durch Vorlaufleitungen zu den Heizkörpern, gibt dort den größten Teil seines Wärmeinhaltes ab und fließt in Rücklaufleitungen wieder nach dem Kessel zurück. Bei der Erwärmung dehnt sich das Wasser aus, und zur Aufnahme des überschüssigen Wassers befindet sich am höchsten Punkt des Systems ein Ausdehnungsgefäß. Das ganze System ist gegen die Atmosphäre offen und die Wassertemperatur kann daher niemals über 100° gehen. Während früher als Höchsttemperatur des Wassers 90° angenommen wurde, rechnet man heute allgemein mit 95° oberer Grenze.

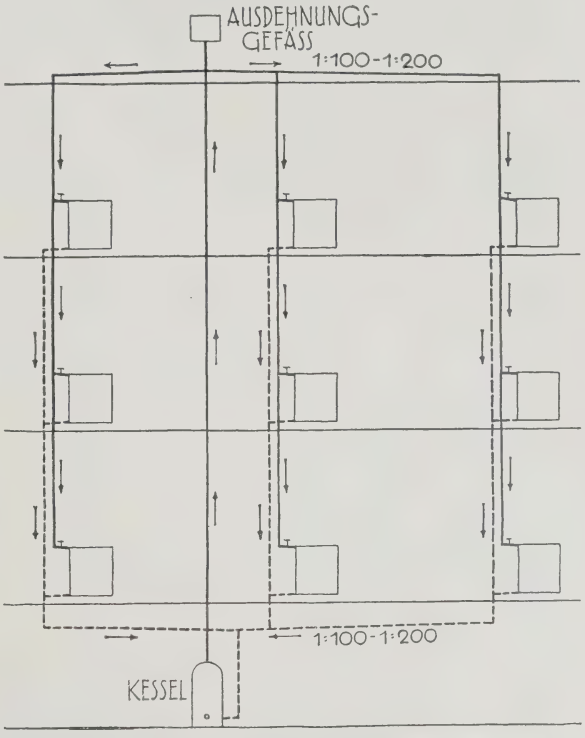


Fig. 8. Warmwasserheizung mit oberer Verteilung. ——— Vorlauf, ------ Rücklauf. (Aus Schachner, Gesundheitstechnik im Hausbau, R. Oldenbourg, München und Berlin 1926.)

Steigt das Wasser vom Kessel durch einen Leitungsstrang zunächst bis zur höchsten Stelle nach oben und fließt von dort durch einen wagerechten Hauptverteilungsstrang in senkrechte Stränge, die zu den Heizkörpern in den einzelnen Stockwerken führen, so handelt es sich um eine Warmwasserheizung mit oberer Verteilung (s. Fig. 8). Befindet sich

die Hauptverteilungsleitung unterhalb der Heizkörper, so spricht man von einer Warmwasserheizung mit unterer Verteilung (s. Fig. 9).

Die Leitung, die zum Heizkörper führt, heißt Vorlauf, die Rückleitung Rücklauf. Warmwasserheizungen mit unterer Verteilung heizen etwas langsamer an, als die mit oberer Verteilung. Wärmetechnisch betrachtet ist jedoch die untere Verteilung günstiger zu beurteilen, weil die Wärmeverluste des Vorlaufes schon dem Hause zugute kommen.

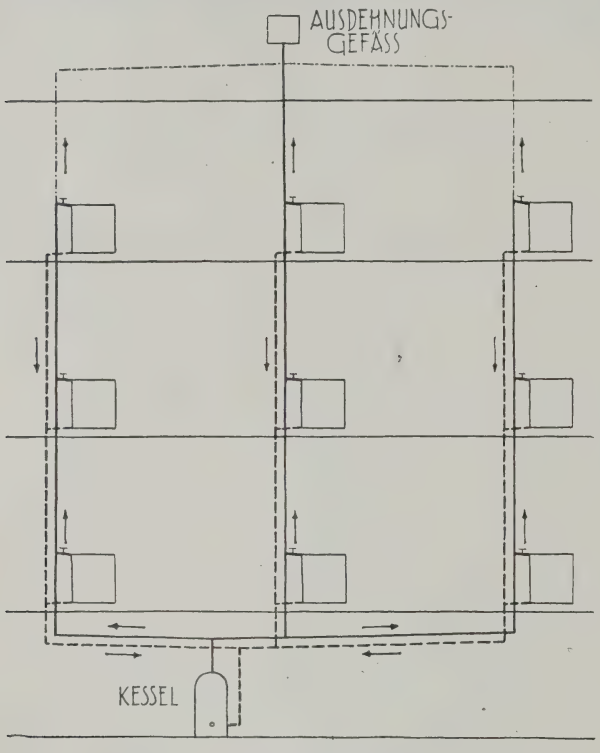


Fig. 9. Warmwasserheizung mit unterer Verteilung.
——— Vorlauf, - - - - Rücklauf, ... Entlüftung.
(Aus Schachner, Gesundheitstechnik im Hausbau, R. Oldenbourg, München und Berlin 1926.)

Haben Vor- und Rücklauf streckenweise gemeinsame Rohrstränge, so bezeichnet man diese Art der Warmwasserheizung als „Einrohrsystem“ (siehe Fig. 10). In einem gemeinsamen Steigrohrstrange wird das warme Wasser zunächst bis zum Ausdehnungsgefäß hochgeführt. Die Verteilung findet von oben statt. An die Fallstränge, die Vor- und Rücklauf aufnehmen, sind die Heizkörper seitlich angeschlossen. Obwohl das Einrohrsystem hinsichtlich der Rohrlänge sparsamer und damit billiger ist, geschieht die Erwärmung der Zimmer der einzelnen Stockwerke ungleich gleichmäßiger, weil das aus den oberen Heizkörpern ablaufende Wasser auch sämtliche darunter liegende Heizkörper durchqueren muß. In die Heizkörper der tiefer gelegenen Räume dringt schon abgekühlteres Wasser. Bei gleichem Wärmebedarf dieser Räume müssen daher diese Heizkörper entsprechend größer bemessen werden.

Es ist zweckmäßig, das Einrohrsystem nur dort zu verwenden, wo die Heizkörper stets ziemlich gleichmäßig beansprucht werden, weil sonst die Abhängigkeit der Wassertemperatur von der Benutzung oder Nichtbenutzung vorgeschalteter Heizkörper sich sehr bemerkbar macht.

Es empfiehlt sich im allgemeinen, die Leitungsrohre des Systems nicht zur Verstärkung der errechneten Heizkörperfläche zu verwenden, sondern sie lieber mit Asbest, Kieselgur, Rohseide, Filz oder dergleichen gut zu isolieren. Die Mitbenutzung der Leitungsrohre als Heizfläche kann

nur unter besonderen Verhältnissen angezeigt sein; im allgemeinen besteht die Gefahr, daß dies nur zur Überwärmung der Räume führt.

Ist das Leitungssystem nicht, wie bei der Niederdruckwarmwasserheizung gegen die Atmosphäre offen, sondern geschlossen, so spricht man von einer Heißwasserheizung oder auch Hochdruckwasserheizung. Sie werden mit einer Wassertemperatur von 120°—200° betrieben. Für die Wohnraumheizung ist diese Heizart vom hygienischen Standpunkt abzulehnen, weil die Temperaturen der Heizflächen meist viel zu hoch sind. Sie kommt hierfür heute kaum noch zur Ausführung.

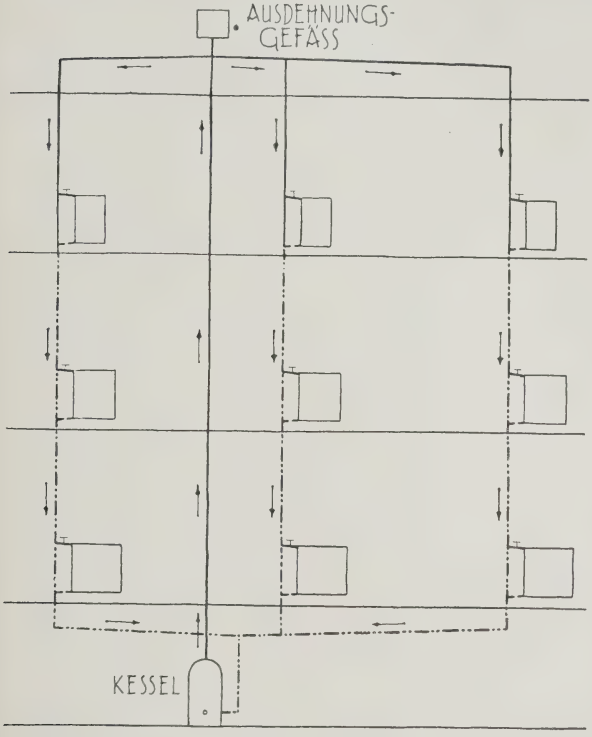


Fig. 10.

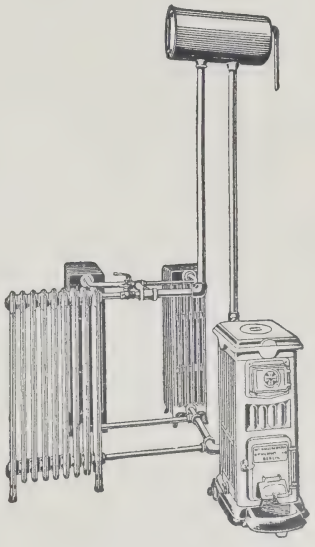


Fig. 11.

Fig. 10. Warmwasserheizung im Einrohrsystem. ——— Vorlauf, ····· Rücklauf (zum Teil Vorlauf und Rücklauf). (Aus Schachner, Gesundheitstechnik im Hausbau, R. Oldenbourg, München und Berlin 1926.)

Fig. 11. Naragheizung für eine Vierzimmerwohnung. Heizkessel mit Ausdehnungsgefäß nebst drei Classic-Radiatoren. Geringer Wasserinhalt der gesamten Anlage, deshalb mäßiger Brennstoffverbrauch. (Nationale Radiator-Ges. Berlin.)

Als Zentralheizungsanlagen für einen kleineren Raumkomplex (Etagenheizung, Kleinhäuser) sei die Naragheizung erwähnt (Fig. 11). Hier wird schon die Eigenwärme des als geschmackvoller Zimmerofen ausgeführten Heizkessels zur Erwärmung eines Raumes mitverwendet.

Auch besondere Luftheizungen für Kleinhäuser sind geschaffen worden (sogenannte Kachelofenzentralheizungen, System Kori-Berlin).

Diese Heizungsanlagen für Kleinhäuser bedürfen genauer Berechnung und müssen von erfahrenen Firmen sorgfältig ausgeführt werden, wenn sie zur Zufriedenheit arbeiten sollen.

IX. Dampfheizungen (Wasserverdunstheizungen).

Bei den Dampfheizungen unterscheidet man die Hochdruckdampfheizung und die Niederdruckdampfheizung. Erstere arbeitet mit einem Überdruck von 1—2 Atmosphären. Sie sollte für den Wohnhausbau eigentlich nicht in Frage kommen, da sie erhebliche Nachteile aufzuweisen hat (schlechte Regulierung, hohe Oberflächentemperatur, Geräusche beim Anheizen, Gefahren bei undichtwerdenden Rohrverbindungen).

Soll im Wohnhause eine Dampfheizung eingebaut werden, so wählt man die Niederdruckdampfheizung, die mit einem Überdruck bis zu 0,3 Atmosphären arbeitet. Niederdruckdampfheizungen, die nur mit einem Überdruck von 0,15 Atmosphären arbeiten, brauchen zu ihrer Aufstellung keine behördliche Genehmigung. Meist werden die Anlagen nur mit einem Überdruck von 0,05 bis 0,1 Atmosphären betrieben. Im Vergleich zur Warmwasserheizung sind die Anlagekosten einer Niederdruckdampfheizung etwas geringer. Das Anheizen geht schneller vor sich. Nach Abstellen der Heizkörper tritt rasche Abkühlung derselben ein. Die Oberflächentemperaturen der Heizkörper sind recht hoch, vor allem an ihren oberen Teilen. Ihre Wärmestrahlung ist bedeutend. Beim Anheizen verursacht der strömende Dampf die bekannten knatternden Geräusche. Die Regulierung muß fast stets am Heizkörper selbst vorgenommen werden und beeinträchtigt so die Wirtschaftlichkeit des Betriebes. Während bei der Warmwasserheizung das ganze Rohrsystem bis zum Ausdehnungsgefäß stets mit Wasser gefüllt ist, ist die Dampfheizung, wenn sie außer Betrieb ist, wasserfrei und enthält nur Luft (Rostgefahr der Leitungsrohre).

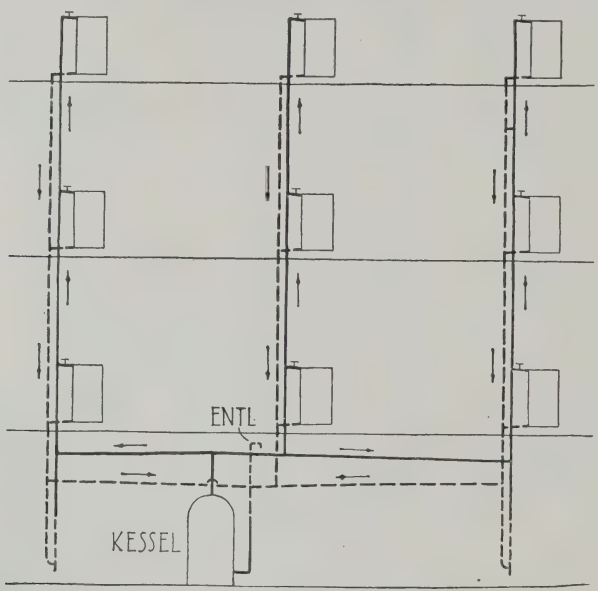


Fig. 12. Niederdruckdampfheizung mit trockener Kondensleitung. ——— Vorlauf, - - - Rücklauf (Kondensleitung). (Aus Schachner, Gesundheitstechnik im Hausbau, R. Oldenbourg, München und Berlin 1926.)

Im Heizkessel wird Dampf erzeugt und dieser den in den einzelnen Räumen aufgestellten Heizkörpern zugeleitet. Bei der Abkühlung infolge der Wärmeabgabe verdichtet sich der Dampf zu Wasser und fließt in besonderen Niederschlagswasserleitungen (Kondensleitungen) dem Dampfkessel wieder zu.

Die meist eingerichtete Art der Niederdruckdampfheizung ist die mit unterer Verteilung und trockener Niederschlagswasserleitung (Fig. 12).

In hygienischer Beziehung ist die Warmwasserheizung für die Wohnungsbeheizung der Niederdruckdampfheizung zweifellos überlegen; jedoch bietet ihr Einbau in Theatern, Kirchen, Hotels, Hörsälen, Festsälen u. dgl. gewisse Vorteile vor der Warmwasserheizung.

Die Hauptteile einer Warmwasser- oder Niederdruckdampfheizung sind:

1. der Kessel zur Entwicklung der Wärme in Gestalt von Warmwasser oder Dampf,
2. die Rohrleitungen (Vorlaufleitung, Rücklaufleitung, Kondensleitung),
3. die Heizkörper.

Bei der Warmwasserheizung kommt noch das Ausdehnungsgefäß hinzu, bei der Niederdruckdampfheizung die Sicherheitsvorrichtung gegen unzulässigen Überdruck. Die Heizkörper sind bei beiden Heizarten die gleichen, die Heizkessel sind verschieden gestaltet.

Bewährte Heizkessel sind die Strebelkessel der Strebelwerke Mannheim, die verschiedenen Konstruktionen der Nationalen Radiator-Gesellschaft, Berlin, die Kessel der Buderus-Eisenwerke Wetzlar u. a. Die Kessel müssen so groß bemessen werden, daß sie auch in den ungünstigsten Fällen bei tiefster Außentemperatur den gesamten Wärmebedarf der Räume decken können. Es ist zweckmäßig, in größeren Häusern statt eines einzigen Heizkessels lieber zwei kleinere zu wählen, um in den Übergangsjahreszeiten bei geringerem Wärmebedarf nicht einen sehr großen und dann weniger wirtschaftlich arbeitenden Kessel heizen zu müssen. Die Kessel werden als guß- und schmiedeeiserne Kessel geliefert; bei gutem Material und guter Konstruktion arbeiten beide gleich gut. Jeder Kessel muß außer Regulierungsvorrichtungen für Luftzufuhr und Schornsteinzug ein Thermometer haben. Die Sicherheitsvorrichtung am Kessel einer Niederdruckdampfheizungsanlage kann einfach aus einem sogenannten Standrohr bestehen, das ein in den Wasserraum des Kessels hinabgeführtes Rohr ist, welches bei Annahme eines zulässigen Höchstdruckes von 0,1 Atmosphäre 1 m über den Wasserstand hochgeführt sein muß. Sowie der Druck überschritten wird, wird das Wasser durch dieses Rohr hinausgedrückt, in einem Wasserfang geworfen und beim Verschwinden des Überdrucks dem Kessel wieder zugeführt.

Hinsichtlich der Führung der Wasser- und Dampfleitungen (meist schmiedeeiserne Röhren, Kondensleitungen auch aus Kupfer) erscheint es vom rein technischen Standpunkt wünschenswert, die Steig- und Fallstränge frei vor den Wänden anzuordnen, damit sie leicht zugängig sind und ohne größere Umstände leicht repariert werden können. Bei dieser Art der Anlage muß auf sichere und gefällige Ausführung der Verschraubungen, Abzweigungen usw. Wert gelegt werden. Eine andere Art ist das Verlegen der vertikalen Stränge in Mauernischen, die eine Tiefe von 15 cm und eine Breite von etwa 20 cm besitzen und nach Prüfung der Anlage durch Rabitzwände oder dergleichen definitiv zu verschließen sind. Die früher häufig ausgeführten abnehmbaren Verschlüsse dieser Mauerschlitze (Deckstreifen aus gelochtem Eisenblech usw.) sind zu vermeiden, weil sie unerwünschte Gelegenheit zur Ansammlung von schwer entfernbarem Schmutz und Ungeziefer geben.

Als Heizkörper werden heute mit Vorliebe aus einzelnen Gliedern zusammengesetzte Radiatoren verwendet (s. Fig. 13). Um möglichst die Ablagerung von Staub einzuschränken, haben die Heizkörper wenig horizontale Flächen und werden hochgebaut (Staubreinigung durch besondere Bürsten). Vollkommen überflüssig sind vom hygienischen Standpunkt die früher so beliebten Heizkörperverkleidungen, die nur die Wärmeabgabe an den Raum erschweren und außerdem Gelegenheit zu Staubablagerungen geben. Zweckmäßig ist die Aufstellung der Heizkörper unter den Fenstern, jedoch sind die Wände hinter den Heizkörpern gut zu isolieren (Kachel-, Fliesenbelag, gegebenenfalls nach Torfoleumisolierung). Als Heizkörperanstrich sind matte dunkle Farben einem hellen Anstrich vorzuziehen. Emaillierung und Vernickelung der Heizflächen haben erhebliche Verminderung der Wärmeabgabe zur Folge.

Es kann im Rahmen dieses Abschnittes auf die übrigen einzelnen technischen Fragen, die für die Anlage einer Zentralheizung außerordentlich wichtig sind, sowie auf ihre eingehende Berechnung nicht näher eingegangen werden. Es sei hierfür auf die Lehrbücher von Schachner und Dietz verwiesen. Die Berechnung der Heizflächen der Kesselgröße, der Widerstände, der Rohrdurchmesser usw. finden sich in Veröffentlichungen von H. Recknagel, „Die Berechnung der Warmwasserheizungen“ und „Hilfstabellen zur Berechnung von Warmwasserheizungen“, Verlag von R. Oldenbourg, München-Berlin.

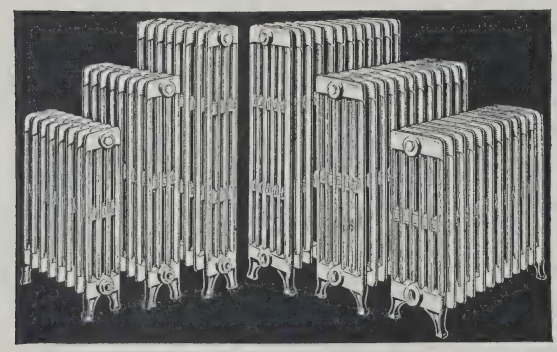


Fig. 13. Classic-Radiatoren vier- und sechssäulig. (Nationale Radiator-Ges. Berlin.)

Die Berechnung der Wärmeabgabe eines Heizkörpers erfolgt nach der Formel:

$$W = F \cdot k \cdot (t_m - t_i).$$

Hierin bedeutet

W die Wärmeabgabe in WE/Std.,
F die Heizfläche in Quadratmeter,
k die Wärmedurchgangszahl (einschließlich Strahlungsanteil),
t_m die mittlere Temperatur des Wärmemittels (errechnet aus Eintrittstemperatur + Austrittstemperatur des Wärmemittels : 2),
t_i die Temperatur der Umgebungsluft des Heizkörpers (Rauminnentemperatur).

Die Wärmedurchgangszahl k der häufig verwandten gußeisernen Radiatoren verschiedener Bauhöhe ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 19. **Zahlentafel der Wärmedurchgangszahlen k für die gangbaren Bauhöhen gußeiserner Radiatoren.**
(Aus Regeln des Verbandes der Zentralheizungsindustrie, Ausgabe 1921.)

Art der Heizkörper	Warmwasserheizung k	Niederdruckdampfheizung k
Radiatoren, einsäulig, bis 500 mm Bauhöhe	7,4	9,0
„ „ „ 600 „ „	7,2	8,8
„ „ „ 700 „ „	7,0	8,6
„ „ „ 900 „ „	6,8	8,4
„ „ „ 1100 „ „	6,6	8,2
„ zweisäulig, „ 500 „ „	7,0	8,5
„ „ „ 600 „ „	6,8	8,2
„ „ „ 700 „ „	6,7	8,0
„ „ „ 900 „ „	6,6	7,8
„ „ „ 1100 „ „	6,4	7,7
„ dreisäulig, „ 500 „ „	6,4	7,3
„ „ „ 600 „ „	6,3	7,1
„ „ „ 700 „ „	6,1	7,0
„ „ „ 900 „ „	6,0	6,8
„ „ „ 1100 „ „	5,9	6,7
„ viersäulig, „ 500 „ „	6,1	6,9
„ „ „ 600 „ „	6,0	6,7
„ „ „ 700 „ „	5,8	6,5
„ „ „ 900 „ „	5,7	6,3
„ „ „ 1100 „ „	5,6	6,1
Glatte Rohrschlangen bis 33 mm äußerer Durchmesser	10,8	12,5
Desgl. über 33 mm äußerer Durchmesser	8,0	11,0

Die Wärmeleistung schmiedeeiserner Radiatoren wird gleich der von gußeisernen bewertet.

Tabelle 20.

	C %	H %	O %	N %	Heizwert kcal.
Holz (z. Vergleich)	50	6	44	0,1—0,5	4500
Torf	55—65	5,5—6	30—40	1—2	5—6000
Braunkohle	65—70	5—6	20—30	1—2	6—7000
Steinkohle	75—90	4—5,5	5—18	0,5—1,5	7—8000
Anthrazit	95	2—3	2—3	0,1—0,5	8—9000

Tabelle 21. (Aus Rubner, Gruber, Fickler, Handbuch d. Hyg.)

Brennstoffe	Theoretische Luftmenge pro kg Brennstoff		Heizwert in WE/kg (Mittelwerte)	Aschengehalt in %
	kg	cbm		
Holz, lufttrocken	4,52	3,50	2 731	1—1,5
Torf, „	4,41	3,41	2 743	1—5
Braunkohle	6,32	5,08	4 170	5—10
Steinkohle	10,67	7,50	7 483	3—4
Anthrazit	11,0	8,49	8 110	2
Holzkohle	10,25	7,95	7 310	2—5
Koks	10,26	7,94	7 065	5—6
Leuchtgas aus Steinkohle	14,19	10,90	10 113	—
Generatorgas aus Holz	1,19	0,92	1 107	—
„ „ Torf	0,89	0,69	819	—
„ „ Holzkohle oder Koks	0,84	0,65	816	—

Tabelle 22.

Gas	Analytische Zusammenstellung							Heizwert bei 0° kcal. pro cbm
	CO	H_2	CH_4	C_2H_4	C_6H_6	CO_2	N_2	
Leuchtgas	9	47	34	4	1	2	3	5295
Koksofengas	6	47	28	2	0,5	2,5	14	4235
Trigas	30,3	45,8	9,4	0,9	—	4,6	9	3036
Wassergas	40	49	0,7	—	—	5	5,3	2541
Mondgas	12	25	2,6	0,3	0,1	15	45	1308
Gutes Generatorgas . . .	29	11	1,5	—	—	4	54,5	1295
Schwaches Generatorgas .	23,7	6,2	1,9	—	—	5,6	62,6	1043
Hochofengas (Gichtgas) . .	27,5	2,3	—	—	—	11	59,2	896

Die übrigen Formen der Zentralheizungen, wie die Vakuumdampfheizung, bei der durch eine Pumpenanlage ein dauernder Dampfunterdruck erreicht wird, wodurch die Temperatur der Heizflächen auf unter 100° herabgesetzt wird, sowie die verschiedenen Formen von Mischheizungen (Dampf-Warmwasserheizung, Dampf-Wasserheizung) brauchen hier nicht näher besprochen zu werden, da ihre Anwendung nur für ganz bestimmte Fälle in Frage kommt. Die Anwendung einer solchen Heizung kann dort angezeigt sein, wo aus wirtschaftlichen Gründen die Verwendung von vorhandener Abwärme oder Dampf möglich ist.

Vorteilhaft in vieler Beziehung sind die Fernheizungen (Ferndampf-, Fernwasser-, Ferngasheizung). Als Städteheizung kann man sie wohl nicht mit Unrecht als den Heizungsmodus der Zukunft bezeichnen. Bei der Anlage von Fernheizungen ist zu bedenken, daß Anlagekosten und Wärmeverluste in den Leitungen usw. höher ausfallen, je kleiner die zu liefernden Wärmemengen und je größer die Entfernungen sind. Eine weitauseinandergezogene Kleinhaussiedelung mit Fernheizung zu versorgen, dürfte in den meisten Fällen kaum wirtschaftliche Vorteile bieten.

Die wirtschaftlichen Vorteile einer Fernheizung liegen in der Verwendungsmöglichkeit billiger Brennstoffe, sowie in einer besseren Ausnutzung. Hinzu kommt eine Ersparnis an Bedienungskosten und die Verwertungsmöglichkeit etwa vorhandener Abwärme. Für den Anschlußteilnehmer ergeben sich aus einem Fernheizanschluß ebenfalls Vorteile, da die Beschaffung, Anfuhr und Lagerung von Brennstoffen, sowie der Abtransport von Asche und Schlacke wegfällt. Es werden weiterhin Raum, Anlage- und Unterhaltungskosten für eine eigene Kesselanlage erspart. Die Bedienung der Heizung ist ohne besonderes Heizpersonal möglich. Die benötigte Wärmemenge steht in jedem Augenblick und in jedem Umfange zur Verfügung.

Fernheizanlagen bestehen zur Zeit u. a. in Hamburg, Barmen, Kiel, Leipzig, Charlottenburg, Hannover, Berlin, Dresden und zahlreichen anderen Orten.

G. Brennstoffe, Feuerungskontrolle.

Die Brennstoffe stehen uns in fester, flüssiger und gasförmiger Form zur Verfügung. Bei den festen Brennstoffen unterscheidet man Steinkohlen, Braunkohlen, Torf und Holz. Dazu kommen noch die Produkte besonderer Vorbehandlungsprozesse natürlicher Brennstoffe, nämlich Koks

und Briketts. Die Steinkohlen teilt man ein in Flammkohlen, Gaskohlen, Schmiedekohlen, Magerkohlen und Anthrazit. Bei den Braunkohlen unterscheidet man mitteldeutsche, rheinische, west- und süddeutsche, böhmische und alpine Braunkohlen. Letztere haben den höchsten Heizwert.

Aus der Steinkohle wird der Zechen- und der Gaskoks gewonnen, die sich beide als Brennstoffe für Zentralheizungen besonders gut eignen.

Briketts sind die unter Verwendung von besonderen Bindemitteln in die bekannten Formen gepreßten Steinkohlen-, Koks- und Braunkohlenabfälle.

Chemische Zusammensetzung und Heizwert der gebräuchlichsten festen und gasförmigen Brennstoffe ist in Tabelle 20 und 22 zusammengestellt.

Außerordentlich wichtig für die Preiswürdigkeit der Brennstoffe ist ihr Wassergehalt; für Austrocknung und Trockenhaltung der Brennstoffe ist daher Sorge zu tragen. Eine Vermehrung des Wassergehaltes um 1% bedeutet etwa die gleiche prozentuale Wertminderung.

Bei der Untersuchung der Brennstoffe ist die Bestimmung der Feuchtigkeit, des Aschengehaltes und des Gas- und Koksgehaltes wichtig. Bei der Probeentnahme für die Analyse ist darauf zu achten, daß eine gute Durchschnittsprobe entnommen wird.

Die sogenannte grobe Feuchtigkeit fester Brennstoffe gibt der Gewichtsverlust einer genau gewogenen Probe beim Liegen an der Luft innerhalb 48 Stunden an. In dieser Probe kann weiter die hygroskopische Feuchtigkeit ermittelt werden, indem man etwa 1 g in einem Wägegläschen bei 105° 2 Stunden lang trocknet.

Zur Bestimmung des Aschengehaltes werden 1—2 g des bei 105° getrockneten Materials über freier Flamme in einem Platin-, Quarz- oder Porzellankästchen durch allmähliche Temperatursteigerung vorsichtig verascht. Die Veraschung ist beendet, wenn in dem Material keine schwarzen Pünktchen mehr vorhanden sind.

Die Bestimmung des Gas- und Koksgehaltes wird in der sogenannten Verkokungsprobe vorgenommen (Probe nach Muck). In einem etwa 3 cm hohen Platintiegel wird 1 g des feingepulverten Materials bei fest aufgelegtem Deckel über einer mindestens 18 cm hohen Bunsenflamme erhitzt, bis keine brennbaren Gase aus dem Tiegel mehr entweichen. Nach Erkalten im Exsikkator wird der Tiegel gewogen. Wichtig ist, daß die Erhitzung möglichst stark und rasch erfolgt. Der Gewichtsverlust abzüglich der hygroskopischen Feuchtigkeit gibt die Menge der flüchtigen Bestandteile an. Kohlen mit mindestens 25% flüchtigen Bestandteilen heißen langflammige, solche mit höchstens 25% flüchtigen Bestandteilen kurzflammige Kohlen.

In dem lufttrockenen Material wird der Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel nach den Regeln der chemischen Elementaranalyse ermittelt. Aus den Ergebnissen dieser Elementaranalyse kann man angenähert die kalorische Wirkung E eines Heizstoffes errechnen. Enthält ein Brennstoff C% Kohlenstoff, H% Wasserstoff, O% Sauerstoff, S% Schwefel und W% hygroskopisches Wasser, so lautet die Formel

$$E = (81 \cdot C) + [290\,(H - {}^1/_8\,O)] + (25 \cdot S) - (6 \cdot W)\ \text{Kal/kg}.$$

Die genaue Bestimmung der Verbrennungswärme geschieht in der kalorimetrischen Bombe (im Gebrauch befindliche bekannte Formen sind

die nach Hugershoff-Langbein und Peters-Kröcker) (s. Bd. 2, S. 82).

Zur Verbrennung ist Sauerstoff nötig. Das Sauerstoffreservoir, das zur Verfügung steht, ist die Luft. Die einzelnen Brennstoffe haben einen verschiedenen Bedarf an Sauerstoff, und welche Luftmengen ihnen zur völligen Verbrennung annähernd zugeführt werden müssen, geht aus Tabelle 21 hervor. Genügend vorhandene Verbrennungsluft und gute Vermischung mit den Heizgasen ermöglichen eine rauchlose bzw. völlige Verbrennung. Unverbrannte Heizgase (Abgase) sind infolge ihres Gehaltes an Ruß und unverbrannten Schwelgasen die bekannten, dem Schornstein entsteigenden dunkelgefärbten Rauchfahnen.

Die Kontrolle einer Feuerung wird durch die Untersuchung der Verbrennungsgase ausgeübt, deren Kohlensäure-, Sauerstoff- und Kohlenoxydgehalt bestimmt werden kann. Als bekannte Rauchgasanalysatoren seien die Apparate nach Krell-Schulze, nach Eckardt, der Orsat-Apparat (Firma Pintsch-Berlin), sowie die elektrisch arbeitenden Rauchgasprüfer der Firma Siemens & Halske, Berlin, genannt.

Zur Beurteilung der Güte einer Feuerungsanlage ist außer der Kohlensäurekontrolle noch der pyrometrische Effekt, sowie die Temperatur der Abgase zu beachten (ausführliche Beschreibungen der Feuerungsmeßgeräte usw. sind im Lehrbuch von Dietz zu finden).

Der voraussichtliche Jahresbedarf einer Heizung ist nur sehr angenähert berechenbar, weil Klima und Benutzungsart ihn stark beeinflussen können. Es ist unmöglich, von einer ausführenden Firma eine Garantie für einen bestimmten Brennstoffbedarf zu verlangen; es kann lediglich die Gewähr für einen bestimmten Feuerungswirkungsgrad gefordert werden (Kontrolle der Rauchgastemperatur im Fuchs).

Ist n die tägliche Benutzungsdauer in Stunden, W die stündliche im höchsten Falle benötigte Wärmemenge, E der theoretische Heizwert des Brennstoffes und α die Ausnutzung des Brennstoffes, die im normalen Betriebe mit 0,5 anzunehmen ist, so ergibt sich unter Annahme von rund 200 Heiztagen, bei denen zur Hälfte eine mittlere Kälte von $\pm 0^0$ herrschen soll, für den voraussichtlichen Jahresbedarf Z einer Heizung die folgende Beziehung:

$$Z = \frac{200 \cdot n \cdot W}{2 \cdot E \cdot \alpha} \text{ kg/Jahr.}$$

Literatur.

Barlach, Tabelle zur Bestimmung der Heizflächen hochwertiger Kachelöfen nach der Länge der Außenwände. Aufgestellt im Auftrage des preußischen Ministeriums für Volkswohlfahrt. 1923.

Berlowitz, M. und Hottinger, M., Lüftung und Heizung. Weyls Handbuch der Hygiene, Bd. 4, 3. Abt., 2. Aufl. Verlag: I. A. Barth, Leipzig 1913.

Brabbée, K., Dr. G. Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik. Ein Handbuch für Architekten und Ingenieure. Zwei Bände. Verlag: Julius Springer, Berlin 1925.

Brinkwerth, F., Welches Zentralheizungssystem wähle ich am besten? Franzsche Hofbuchhandlung, München 1923.

Bugge, Ergebnisse von Versuchen für den Bau warmer und billiger Wohnungen an den Versuchshäusern der norwegischen Technischen Hochschule. Deutsche Übersetzung von Herbert Frhr. Grote, Berlin. Verlag: Julius Springer, Berlin 1925.

Dietz, L., Dr., Lehrbuch der Lüftungs- und Heizungstechnik mit Einschluß der wichtigsten Untersuchungsverfahren. 2. Aufl. Verlag: R. Oldenbourg, München-Berlin 1920.

Der eiserne Zimmerofen. Handbuch für neuzeitliche Wärmewirtschaft im Hausbrand. Herausgegeben unter Mitwirkung von der Vereinigung deutscher Eisenofenfabrikanten, e. V. Wärmetechnische Abteilung. Verlag: R. Oldenbourg, München-Berlin 1923.

Sonderschriften, herausgegeben von der Vereinigung deutscher Eisenofenfabrikanten, e. V. Wärmetechnische Abteilung, Kassel.

Heft 1: Ebert, R. M., Über die Beheizung von Wohnräumen mit eisernen Öfen. (Aus Gesundh.-Ing. 1921, Heft 10.)

Heft 2: Bonin, Die heiztechnischen Grundlagen für die Wirtschaftlichkeit des eisernen Ofens.

Heft 3: Brandstätter, Eiserne Öfen. Über Aufstellung eiserner Öfen im Raum. (Aus „Der Hausbrand" 1921, Heft 1 und „Herd und Ofen" 1923, Nr. 5/6.)

Heft 4: Kayser, Die Verfeuerung von Braunkohle in eisernen Öfen.

Heft 5: Bonin, Über Heizleistung und Wirkungsgrad von eisernen Öfen. (Aus Gesundh.-Ing. 1923, Heft 30.)

Heft 6: Der eiserne Ofen. Winke und Richtlinien für Käufer und Verkäufer.

Heft 7: Rolfes, B., Über den Einfluß verschiedener Längen des Rauchrohres auf den Wirkungsgrad eiserner Zimmeröfen

Heft 8: Der heutige Stand der Eisenofentechnik.

Heft 9: Lernt Heizen!

Fischer, H., Heizung und Lüftung der Räume. Handbuch der Architektur, 3. Teil, Bd. 4, 3. Aufl. Verlag: Gebhardt, Leipzig 1908.

Flügge, Grundriß der Hygiene. Berlin-Leipzig 1921.

Forschungsheim, Arbeiten aus dem, für Wärmeschutz, Heft 1—5. Selbstverlag München, Borgerstraße 3.

Göring, Handbuch der Hygiene. Rubner, Gruber, Ficker, 1927. Hirzel, Leipzig II, 1.

de Grahl, G., Wirtschaftlichkeit der Zentralheizung. Verlag: R. Oldenbourg, München-Berlin 1911.

Ders., Wirtschaftliche Verwertung der Brennstoffe. Verlag: R. Oldenbourg, München-Berlin 1911.

Gramberg, A., Heizung und Lüftung von Gebäuden. Ein Lehrbuch für Architekten, Betriebsleiter und Konstrukteure. Verlag: Julius Springer, Berlin 1909.

Handbuch der Gastechnik von Schilling-Bunte, Bd. 8, 1916. (Oldenbourg, München.)

Hencky, Die Wärmeverluste der ebenen Wände. München-Berlin 1921.

Ders., Der Wärmeschutz von Gebäuden. Bayrisches Industrie- und Gewerbeblatt 1919, Nr. 7—8.

Hottinger, M., Heizung und Lüftung, Warmwasserversorgung, Befeuchtung und Entnebelung. Leitfaden für Architekten und Bauherren. Verlag: R. Oldenbourg, München-Berlin 1926.

Hottinger-Imhof, Elektrische Raumheizung. Zürich 1924 (Fachschriftenverlag).

„Hütte", Des Ingenieurs Taschenbuch. Herausgegeben vom akad. Verein „Hütte", e. V., Berlin W 66. Verlag: W. Ernst u. Sohn 1926.

Klinger, H. I., Die Wohnungswarmwasserheizung, Etagenheizung. Herausgegeben von Pakusa und Ritter. Verlag: C. Marhold, Halle a. S. 1923.

Korff-Petersen, A., Fortschritte in der Lüftungs- und Heizungshygiene. Deutsche med. Wochenschr. 1915, Nr. 41.

Ders., Hygienische Untersuchungen über neuere Baustoffe und Ersatzbauweisen für Kleinhäuser. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskr., Bd. 89, S. 483.

Ders., Versuche über die Wärmekapazität von Wänden und Heizkörpern. Gesundh.-Ing. 1922, Heft 24.

Ders. und Liese, W., Der Einfluß von Wandkonstruktion und Heizung auf die Wärmeökonomie von Gebäuden in hygienischer und wirtschaftlicher Beziehung (I. Mitteilung). Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskr., Bd. 93, S. 407.

Dies., Der Einfluß von Wandkonstruktion und Heizung auf die Wärmeökonomie von Gebäuden in hygienischer und wirtschaftlicher Beziehung (II. Mitteilung). Ebenda, Bd. 96, S. 405.

Knoblauch, Schachner, Hencky, Untersuchungen über die wärmewirtschaftliche Anlage, Hausgestaltung und Benutzung von Gebäuden. Herausgegeben von der Bayrischen Landeskohlenstelle München. München, Kommissionsverlag Johannes A. Mahr, 1920.

Kreuger und Eriksson, Untersuchungen über das Wärmeisolierungsvermögen von Baukonstruktionen. Verlag: Julius Springer, Berlin 1923.

Lehmann, K. B., Methoden der praktischen Hygiene. Wiesbaden 1890, S. 175.

Liese, W., Über die Beziehungen zwischen Wärmeabfluß und Wärmespeicherung bei verschieden isolierten Wänden. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskr., Bd. 98, S. 328.
Ders., Wandkonstruktion und Heizung. Die Volkswohnung 1922, Heft 14.
Recknagel, G., Lüftung und Heizung (Sonderdruck aus dem Handbuch der Hygiene, herausgegeben von M. Rubner, M. V. Gruber und M. Ficker). Verlag: S. Hirzel, Leipzig 1915, und Handbuch der Hygiene Rubner, Gruber, Ficker, 1927, Bd. 2, I. Abt.
Reich, A., Leitfaden für die Rauch- und Rußfrage. Verlag: R. Oldenbourg, München-Berlin 1917.
Reichsgrundsätze für Kachelofen- und Kachelherdbau. Vorschläge. Veröffentlicht in der Zeitschrift „Der Kachelofen" 1925, Nr. 10, 11 u. 14.
Schachner, Rich., Gesundheitstechnik im Hausbau. Verlag: R. Oldenbourg, München-Berlin 1926.
Schmidt, C., Erlasse und Entscheidungen der Deutschen Bundesstaaten; betr. Sicherung von Warmwasserheizungsanlagen nebst Ausführungsform. Verlag: R. Oldenbourg, München-Berlin 1925.
Schmidt, E., Neue Untersuchungen über den Wärmebedarf von Gebäuden und die Wärmeabgabe von Heizkörpern. Gesundh.-Ing. 1924, Heft 50.
Schleswig-Holsteinische Musterentwürfe für Heiz- und Kochanlagen in Siedlungsbauten und Landarbeiterwohnungen. Verlag: Heimstätte Schleswig-Holstein, G. m. b. H., Kiel.
Sicherheitsvorschriften für Niederdruck- und Warmwasserheizanlagen. Preuß. Ministerialerlaß vom 5. Juni 1925. Ministerialblatt der Handels- und Gewerbeverwaltung vom 29. Juni 1925, Heft 12. Auch im Gesundh.-Ing. 1925, Heft 36, S. 450f.
Wierz, Die praktischen und wissenschaftlichen Grundlagen der Wärmeverlustberechnung in der Heizungstechnik. (Mit ausführlichem Literaturverzeichnis.) Beihefte zum Gesundh.-Ing., Heft 15. Verlag: R. Oldenbourg, München-Berlin 1922.

Wohnung.

Von

Dr. **W. Liese**, Berlin und Dr. **F. Weigmann**, Kiel.

Mit 16 Abbildungen im Text.

A. Wohnung und Gesundheit.

Die Bedeutung der Wohnung für die Gesundheit und das Wohlergehen des einzelnen wie der Gesamtheit steht wohl außer Zweifel, hat sich doch der Mensch durch die Wohnung in noch höherem Maße als durch die Kleidung von dem Einfluß der Witterung und des Klimas unabhängig gemacht. Wenn er sich so auch einen wesentlichen Schutz geschaffen hat, der es ihm ermöglicht, sich in allen Zonen und unter allen Witterungsverhältnissen anzusiedeln, so ist aber andererseits nicht zu verkennen, daß mit fortschreitender Entwicklung des Wohnungsbaues eine Veränderung des Milieus, der Umweltsbedingungen eingetreten ist, die nicht ohne Einfluß auf den Organismus sein kann, zumal wenn man berücksichtigt, daß der größere Teil des Lebens in der Wohnung zugebracht wird. Die gegen den Naturzustand veränderte Lebenslage, die zahlreiche Schädlichkeiten und Gefahren für die Gesundheit beseitigte, mußte neue Schädlichkeiten und Gefahren schaffen.

Außer dem Einfluß, den die Wohnung auf die Gesundheit des Menschen ausübt, spielt sie auch zweifellos für die sittliche Gestaltung des Lebens des einzelnen wie des Volkes eine große Rolle. Wie Zivilisation und Kultur erst durch das Seßhaftwerden und durch den Schutz, den die Wohnung gewährt, sich entwickeln konnten, so ist ihre Erhaltung und Weiterentwicklung, besonders auf sittlichem Gebiete, in hohem Maße von der Beschaffenheit der Wohnung abhängig.

Unter den durch die bauliche Ausführung der Wohnung bedingten Faktoren, denen in ganz besonderem Maße ein Einfluß auf das Wohlbefinden und die Gesundheit zugeschrieben wird, stehen Licht und Luft obenan. Die Forderung von möglichst viel Licht und Luft wird als technische Grundbedingung für eine gesunde Wohnung aufgestellt. Daß das Licht einen großen Einfluß auf die Lebensvorgänge ausübt, ist aus seiner Einwirkung auf die grünen Pflanzen und niederen Tiere wohl bekannt, während die unmittelbare Einwirkung auf die Lebensvorgänge der höheren Tiere und des Menschen noch ziemlich unklar ist. Die Bedeutung dunkler, lichtloser Wohnungen für das gehäufte Auftreten von Blutarmut, Rachitis, Tuberkulose unter den Bewohnern solcher Wohnungen ist durchaus nicht eindeutig sichergestellt, zumal viele andere Faktoren eine Rolle spielen, wie Armut, Unsauberkeit, schlechte Ernährung usw., deren Zusammenwirken wahrscheinlich erst das betreffende Krankheitsbild bedingen. Dagegen ist die mittelbare Wirkung der Lichtzufuhr von großer Bedeutung für Reinlichkeit und Ordnung der Wohnung, für die Ausführung von Arbeiten, die eine hinreichende Menge Licht erfordern, wenn nicht Überanstrengung oder Schädigung der Augen und andere schwere Störungen infolge schlechter

Haltung eintreten sollen. Auch die keimtötende Wirkung des Lichtes in der Wohnung ist vielfach hervorgehoben worden. Wenn auch dieselbe, zumal beim direkten Sonnenlicht außer Frage steht, so ist doch zu bedenken, daß sich die Krankheitserreger vorwiegend an Stellen finden, die dem Lichte nicht zugänglich sind. Die desinfizierende Wirkung des Lichtes spielt daher für die Wohnung eine mindere Rolle, zumal wenn man berücksichtigt, daß gerade die chemisch wirksamen, ultravioletten Strahlen durch das Fensterglas zurückgehalten werden, was sowohl für die keimtötende Wirkung wie auch für Rachitis und Tuberkulose von Bedeutung ist. Dagegen steht die Bedeutung des Lichtes als psychische Komponente zur Hebung der Stimmung und Arbeitsfreudigkeit außer Frage.

Wie der zweifellos vorhandene günstige Einfluß des Lichtes, so wird auch die Bedeutung der Wohnungsluft für die Gesundheit nicht selten überschätzt. Der Verbrauch an Sauerstoff und die Anhäufung von Kohlensäure durch die Atmung ist auch in menschenerfüllten Räumen niemals so groß, daß daraus schädliche Folgen entstehen könnten. Diejenigen Veränderungen der Raumluft, die am unangenehmsten empfunden werden und gelegentlich zu Übelkeit, Schwindel und Ohnmachten führen können, sind die Anreicherung von Wasserdampf in stark benutzten Räumen und das Ansteigen der Temperatur infolge der von den Menschen abgegebenen Wärme. Die gesteigerte Lufttemperatur bewirkt eine Störung der Wärmeabgabe vom menschlichen Körper, besonders wenn die Wasserverdunstung von der Haut infolge hohen Wasserdampfgehaltes der Luft behindert ist. Diese Behinderung der Wärmeabgabe ruft in erster Linie die genannten Beschwerden, wie sie in Räumen mit verbrauchter Luft beobachtet werden, hervor. Der günstige Einfluß reiner Luft findet nicht in der Wohnung statt. Es ist vielmehr die Luft im Freien, das beständige An- und Abschwellen der Luftbewegung, das einen Reiz für die Hautnerven darstellt und eine bessere Durchblutung der Haut bewirkt (s. Bd. 3, S. 200).

In der gleichen Weise, nämlich durch Behinderung der Wärmeregulierung des Körpers, wirkt Feuchtigkeit der Wohnungen schädlich auf die Bewohner ein. Aber auch die Wohnung selbst kann durch Schimmelpilzwucherung und Ansiedelung von Hausschwamm infolge der Feuchtigkeit schwer geschädigt werden. Da die Wohnungsfeuchtigkeit nicht immer durch übergroßen Wasserdampfgehalt der Raumluft hervorgerufen wird, sondern das beim Bau mit dem Mörtel und den angefeuchteten Mauersteinen hereingebrachte Wasser, sowie das Aufsteigen des Grundwassers eine große Rolle spielen, ist bei der Behandlung des Neubaus, bei der Wahl der Baumaterialien und des Bauplatzes darauf Rücksicht zu nehmen.

Von großer Wichtigkeit für die Gesundheit der Bewohner ist der mehr oder minder vollkommene Schutz, den die Wohnung gegen Kälte und Hitze bietet. Wir sind gewohnt, den Schutz gegen die Kälte als das wichtigste anzusehen. Mindestens von der gleichen Bedeutung ist aber der Schutz gegen die Hitze. Es ist bereits darauf hingewiesen, daß das Wohlbefinden der Erwachsenen und der älteren Kinder stark beeinträchtigt wird, wenn die Abgabe der im Körper erzielten Wärme behindert ist, während bei Säuglingen unter Umständen tödliche Erkrankungen die Folge sein können. Die Ursache für das Zustandekommen der zu starken Erwärmung der Wohnung ist vorwiegend in der Sonnenbestrahlung der Wände und des Daches während längerer Hitzeperioden im Hochsommer zu suchen. Natürlich macht sich die Überwärmung besonders in den oberen Stockwerken großstädtischer Mietshäuser bemerkbar, eine Erscheinung, die teils durch

die direkte Sonnenbestrahlung des Daches bedingt ist, teils dadurch, daß sich in dieser Höhe der abkühlende Einfluß des Erdbodens nicht mehr bemerkbar macht. Ferner tragen noch die im Hause selbst befindlichen Wärmequellen, besonders bei Vorhandensein vieler kleiner Wohnungen, zur übermäßigen Erwärmung bei. Diese Mißstände können vermieden werden durch den Bau von Kleinhäusern. Erwähnt sei noch, daß die Versuche, in Großhäusern die zugestrahlte Wärme durch Kühlung zu entfernen, meist fehlgeschlagen sind. Höchstens durch Luftbewegung läßt sich der Aufenthalt in heißen Räumen erträglicher machen.

Eine besondere Bedeutung kommt der Wohnung in ihrer Beziehung zu den übertragbaren Krankheiten zu. Da die pathogenen Erreger vorwiegend im infizierten Menschen die nötigen Bedingungen zu Wachstum und Vermehrung finden, auf den toten Dingen unserer Umgebung dagegen eine Vermehrung so gut wie gar nicht stattfindet, ja die Lebensfähigkeit äußerst beschränkt ist, so spielt der bauliche Zustand der Wohnung für das Zustandekommen von Infektionskrankheiten ihrer Bewohner eine untergeordnete Rolle. Eine Ausnahme machen höchstens die sporenbildenden Erreger, deren Dauerformen den Schädigungen der Außenwelt, wie Austrocknung, Licht, Mangel an Nahrung, sehr lange, oft jahrelang, widerstehen können. Sie kommen jedoch in der Wohnung kaum in Betracht und sind vom sozialen Standpunkt aus bedeutungslos. Auch der Tuberkelbazillus ist in mancher Hinsicht anders zu beurteilen als die Erreger der übrigen übertragbaren Krankheiten, worauf weiter unten näher eingegangen wird. Dagegen ist zu berücksichtigen, daß mit den Ausscheidungen der Kranken die Erreger in seiner Umgebung verstreut werden und somit mehr oder minder lange an den mit ihnen in Berührung kommenden Gegenständen, Geschirr, Wäsche, Lagerstätten, Wänden, Fußböden usw., sich halten können. Unter diesen Umständen ist es auch möglich, daß sich in dumpfen, lichtlosen, verschmutzten und feuchten Wohnungen die vom Kranken ausgeschiedenen Erreger länger lebensfähig erhalten als in trockenen, gut belichteten und gelüfteten. Auch die Ansiedlung von Ungeziefer kann in schlecht gehaltenen Wohnungen für die Übertragung gewisser Krankheiten, wie Fleckfieber und Rückfallfieber, in Frage kommen. Nicht der bauliche Zustand also, sondern die Behandlung der Wohnung durch die Bewohner, mangelnde Sauberkeit, ungenügende Beseitigung der Abfallstoffe, können gelegentlich für die Übertragung von Infektionskrankheiten von Bedeutung sein.

Wichtiger als die Beschaffenheit der Wohnung ist für die Krankheitsverbreitung die Dichte der Wohnungsbelegung. Dies trifft besonders für diejenigen Erkrankungen zu, die durch unmittelbaren und mittelbaren Kontakt übertragbar sind, in erster Linie für Pocken, Masern, Scharlach, Influenza, Keuchhusten, bei denen die Tröpfcheninfektion eine beherrschende Rolle spielt, aber auch für Diphtherie, Typhus, Paratyphus, Ruhr, Cholera usw. Da der Kranke die Quelle der Infektion darstellt, ist es klar, daß bei dichter Belegung der Wohnungen die Infektionsgefahr für die Bewohner in weit höherem Maße vorhanden ist, als wenn wenig Bewohner auf eine genügende Zahl von Räumlichkeiten verteilt sind, die eventuell sogar eine Isolierung des Kranken gestatten. Auch Bazillenträger und Dauerausscheider, deren Existenz ja meist nicht bekannt ist und die oft erst nach Ausbruch einer größeren oder kleineren Epidemie ermittelt werden, stellen eine größere Gefahr dar, je mehr Menschen gezwungen sind, in enger Berührung mit ihnen zu leben. Auch hier spielt

naturgemäß die Art der Benutzung der Wohnung eine große Rolle. Unsauberkeit, ungenügende Entfernung der Abfallstoffe sind in hervorragendem Maße an der Ausbreitung der Keime beteiligt, während Sauberkeit auch bei dichter Belegung die Gefahr wesentlich herabmindern kann. — So sehr also die Wohnungsdichte für die Ausbreitung von Infektionskrankheiten in Betracht kommt, so darf man ihre Bedeutung jedoch nicht allzusehr verallgemeinern. Die Statistiken, die die höhere Morbiditäts- und Mortalitätsziffer an übertragbaren Krankheiten in dichtbewohnten Gebäuden und Stadtteilen im Vergleich zur geräumigeren Wohnweise dartun wollen (Tab. 1),

Tabelle 1.

Jährliche Sterblichkeitsziffer an übertragbaren Krankheiten in Budapest in den einzelnen Stadtbezirken, nach der Zahl der überfüllten Wohnungen steigend geordnet, auf 10 000 Lebende 1896—1900 (aus v. Gruber, Wohnung und Gesundheit).

Todeskrankheit	Bezirke									
	IV	II	VI	V	VII	I	VIII	IX	III	X
Masern	0,6	1,9	2,5	2,4	2,6	2,0	4,8	4,9	5,8	8,7
Scharlach	2,1	2,7	3,5	3,8	2,8	2,6	4,1	4,8	3,7	2,9
Diphtherie und Croup .	1,1	2,5	2,8	2,2	2,5	2,7	3,4	3,3	3,7	4,3

berücksichtigen vielfach nicht den Einfluß anderer schwer zu erfassender Faktoren. Dichte Belegung deckt sich vielfach mit Armut, und es ist schwer, nachzuweisen, wieweit hier die ganze Lebensweise und Lebenshaltung, vor allem die Ernährung für die höhere Krankheits- und Sterbeziffer mit verantwortlich sind.

Es ist hier nicht der Ort, auf die einzelnen Krankheiten und den für ihre Weiterverbreitung in Betracht kommenden Einfluß der Wohnweise näher einzugehen. Es seien nur noch einige wichtige als „Wohnungskrankheiten" im besonderen angesehene Erkrankungen kurz hervorgehoben.

Daß die Häufigkeit der Tuberkulose mit der Wohnweise im engen Zusammenhang steht, ist durch zahlreiche Statistiken erwiesen oder wenigstens zu beweisen versucht worden. Vergleiche über die Sterblichkeit an Tuberkulose in Stadt und Land, die zuungunsten der ersteren ausfielen, sowie einzelner Stadtteile untereinander, wobei die dichter besiedelten erheblich mehr belastet waren, stützen offenbar diese Anschauung. Aber auch hier sind manche andere Faktoren nicht berücksichtigt worden. Die günstige Stellung des offenen Landes ist durchaus nicht überall vorhanden; in einzelnen Gegenden Niedersachsens ist die Zahl der Erkrankungen wie die Sterblichkeit verhältnismäßig hoch. Sodann hat sich gezeigt, daß der Unterschied zwischen Stadt und Land durchaus nicht in allen Altersklassen der Bevölkerung besteht. Wohl weist die heranwachsende Jugend in den Städten eine erheblich höhere Sterblichkeit auf als auf dem Lande, dagegen ist die Sterblichkeit der jungen Leute von 15—25 Jahren und die der Frauen auf dem Lande fast ebenso hoch oder höher als in den Städten (Tab. 2). Ein unmittelbarer Einfluß der städtischen Wohnweise auf die Tuberkulosesterblichkeit läßt sich aus dieser vergleichenden Statistik demnach nicht herleiten.

Was den Vergleich einzelner Stadtteile und Häuser anbetrifft, so hat Wernicke in Posen umfassende statistische Erhebungen über das Vorkommen der Todesfälle an Lungenschwindsucht angestellt und fand dabei, daß die Tuberkulose vorzugsweise in bestimmten Häusern auftritt. Es zeigte sich, daß Straßen mit der gleichen Häuserzahl, aber mit geringerer

Tabelle 2.

Tuberkulosesterblichkeit in Preußen 1894—97 (n. Prinzing).

Alter	Männliches Geschlecht				Weibliches Geschlecht			
	Land	Städte	Großstädte	Berlin	Land	Städte	Großstädte	Berlin
0— 5 Jahre	95	209	285	254	93	191	253	239
5—10 „	35	57	69	64	43	71	85	83
10—15 „	45	55	55	47	87	92	85	71
15—20 „	155	178	188	204	185	171	151	153
20—25 „	294	257	261	282	219	225	206	202
25—30 „	235	315	314	319	258	266	238	228
30—40 „	241	411	448	458	276	292	273	262
40—50 „	336	535	577	549	275	266	253	237
50—60 „	475	580	577	523	342	272	242	197
60—70 „	632	606	588	489	471	324	298	230
70—80 „	410	372	379	315	299	226	251	221
über 80 „	164	908	134	153	135	107	157	116
Zusammen	217	293	322	323	203	213	211	199

Einwohnerzahl weniger häufig von Tuberkulose heimgesucht wurden als solche mit derselben Häuser-, aber höheren Einwohnerzahl; daß also die Tuberkulose der Wohndichtigkeit parallel geht. Für Paris haben Jouillerat und Bonnier in Arbeiten, die sich über 70 Jahre erstrecken, gezeigt, daß es dort Häuser gibt, in denen die Tuberkulose jährlich neue Opfer fordert. Das Gemeinsame aller dieser Häuser ist außer mangelhafter Lüftung und ungenügender Beleuchtung ihre Übervölkerung. Ein Beweis dafür, daß die Wohndichtigkeit und die Verwahrlosung nun auch wirklich der Grund für die hohe Tuberkulosesterblichkeit in diesen Gegenden ist, wird mit solchen Statistiken natürlich nicht erbracht.

Es wird nicht berücksichtigt, daß dichte Besiedlung, wie schon oben erwähnt, sich meist mit Armut deckt und alle die Faktoren eine Rolle spielen, die die Widerstandskraft des Körpers herabsetzen, vor allem mangelnde Ernährung (Tab. 3). Wenn man bedenkt, daß fast 100% aller Lebenden eine

Tabelle 3.

Sterblichkeit an Lungenschwindsucht im Verhältnis zum Einkommen in Hamburg Stadt (aus v. Gruber, Wohnung und Gesundheit).

Von je 100 000 starben jährlich

bei einem Familieneinkommen von	1896—1900	1905—09	1910	1912
900— 1 200 M.	657	534	509	359
1 200— 2 000 „	559	365	425	304
2 000— 3 500 „	363	256	227	215
3 500— 5 000 „	228	194	208	195
5 000—10 000 „	183	138	126	102
10 000—25 000 „	172	107	74	33
25 000—50 000 „	221		55	—

Tuberkuloseinfektion erwerben, so ergibt sich daraus, wie groß die Bedeutung aller die Resistenz herabsetzenden Faktoren für das Manifestwerden der Erkrankung ist. Auch der häufige Wohnungswechsel in der Stadt und das Herabsinken des in seiner Erwerbstätigkeit beschränkten Tuberkulösen auf eine niedere soziale Stufe könnte bei dem ausgesprochen chronischen Verlauf der Erkrankung die Wohnweise zu Unrecht belasten, insofern als

der Ausbruch der Krankheit in einer früheren Zeit unter anderen Wohnverhältnissen sich ereignet hat als unter denen, in denen der Tod eintritt. Die Verwertung der Tuberkulosesterblichkeitsstatistik für die Beurteilung des Wohnungseinflusses wird durch diese Momente erschwert.

Immerhin dürfte es bei der Art der Übertragung der Tuberkulose nicht zweifelhaft sein, daß die Art der Wohnungsbenutzung und vor allem die Wohndichte von großer Bedeutung für die Verbreitung sind. Da der Tröpfcheninfektion nach der heute geltenden Anschauung in höherem Maße als der Staubinfektion die Rolle der Übertragung zufällt, so ist es klar, daß das dichte Beisammenwohnen in engen Räumen mit einem an offener Tuberkulose Erkrankten in weit höherem Maße eine Gefahr für die Mitbewohner darstellt als eine geringere Wohndichte mit großen Räumen, zumal wenn, wie es nicht selten in solchen Wohnungen der Fall ist, ein oder mehrere Bewohner mit dem Erkrankten denselben Schlafraum oder gar dasselbe Bett teilen. In je engerer Berührung die Mitbewohner mit dem Erkrankten kommen, um so größer ist naturgemäß die Wahrscheinlichkeit, die mit den Hustenstößen verstreuten bazillenhaltigen Tröpfchen einzuatmen. Wenn in Berlin im Jahre 1900 43% der Haushaltungen nur aus einem Raum bestanden und im Jahre 1905 von je 1000 Einwohnern etwa 417 in Wohnungen mit nur einem heizbaren Zimmer wohnten, wenn von den Einzimmerwohnungen im Jahre 1900 mehr als 10% übervölkert, d. h. von mehr als 5 Personen bewohnt waren, so ist die Gefahr, die ein Tuberkulöser unter solchen Verhältnissen für seine Mitbewohner bedeutet, ohne weiteres ersichtlich. — Ob man nun der Staubinfektion eine größere oder geringere Bedeutung beimessen will, immerhin ist es nicht von der Hand zu weisen, daß in engen, schmutzigen, lichtlosen Wohnungen der Tuberkelbazillus bei seiner an sich schon großen Widerstandsfähigkeit sich länger halten wird und eher auch auf diesem Wege eine Infektion verursachen kann als in großen, licht- und luftreichen, sauber gehaltenen Wohnungen. Auch die Wohnungsbenutzung spielt also eine Rolle, und es ist bei dem häufigen Wohnungswechsel der ärmeren Volksschichten durchaus die Frage gerechtfertigt, ob nicht die Wohnung selbst, auch wenn kein Tuberkulöser mehr in ihr weilt, für eine praktisch in Betracht kommende Zeitdauer zur Infektionsquelle werden kann.

Aber auch indirekt kann die Wohnweise zur Verbreitung der Tuberkulose beitragen, indem sie die Widerstandskraft des Organismus herabsetzt. Der Mangel an Licht und Betätigung in freier Luft in den engen mit Mietskasernen bebauten Stadtteilen, besonders das Fehlen der für die Therapie so wichtigen ultravioletten Strahlen, dürften auf die Empfänglichkeit für Tuberkulose nicht ohne Einfluß sein. Ferner begünstigen die Wohnungsverhältnisse der Mietskasernen die Ausbildung eines Körperbaues, der durch engen Brustkasten und Senkung der oberen Apertur gekennzeichnet ist, und infolge ungenügender Durchlüftungsmöglichkeit der Lunge einen für die Ansiedelung des Tuberkelbazillus geeigneten Boden darstellt.

Aus dem Angeführten geht also zweifellos hervor, daß die Wohnungsverhältnisse, insbesondere die Wohndichte, für die Verbreitung der Tuberkulose von großer Bedeutung sind, und man kann nach v. Gruber die Rolle der Wohnung in ihren Hauptpunkten etwa folgendermaßen formulieren: „Das Leben in geschlossenen Räumen vermehrt unter allen Umständen die Gelegenheit zur Übertragung des Tuberkelbazillus von Mensch zu Mensch. Je enger die Menschen beisammen wohnen, je geringer die Zahl der ihnen zur Verfügung stehenden Wohnräume, je kleiner der Wohn-

luftraum ist, um so größer ist die Gefahr der Infektion, mit welcher der an offener Lungentuberkulose Erkrankte seine Umgebung bedroht. Wohnungsüberfüllung ist daher eine der wichtigsten Ursachen der raschen und ausgiebigen Ansteckung jeder neuen Generation mit dem Tuberkelbazillus. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß der Aufenthalt in feuchten, dunklen, schlecht gelüfteten, schlecht temperierten Wohnräumen auch die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegen den Tuberkelbazillus merklich vermindert."

Als eine weitere Wohnungskrankheit gilt die hohe Säuglingssterblichkeit, insbesondere die Sommersterblichkeit an Brechdurchfall. Bekanntlich steigt die Säuglingssterblichkeit in den Sommermonaten Juli, August und September in weiten Gebieten erheblich an; namentlich in vielen Städten der Norddeutschen Tiefebene nicht selten auf das Doppelte der Zahl der Todesfälle in den Monaten der kälteren Jahreszeit. Es steht fest, daß diese Steigerung, wie es Willim in vergleichenden Kurven für Berlin und Breslau zusammengestellt hat, mit der sommerlichen Temperatur zusammenhängt, wenn auch der Gipfel der Säuglingssterblichkeit nicht selten mit dem Gipfel der mittleren Lufttemperatur nicht zusammenfällt, sondern diesem um 1 oder 2 Wochen oder sogar noch länger verspätet nachfolgen kann. Es ist nun die Frage vielfach erörtert worden, ob diese schädliche Wärmeeinwirkung indirekt durch Zersetzung der Nahrungsmittel, vor allem der Milch, oder direkt durch Hitzestauung zustande kommt. Für ersteres spricht die Beobachtung, daß Brustkinder in viel geringerem Maße der Steigerung der Sterblichkeit in den heißen Monaten unterliegen als Flaschenkinder, für letzteres, daß das Herausbringen der Kinder aus der Stadt zu bestimmten Tageszeiten oder zum mindesten das Spazierenfahren der Kinder im Freien, wie es in Amerika schon seit langem geübt wird, ausgezeichnete Wirkung hat. Sei es nun, daß der indirekten oder der direkten Wärmeeinwirkung der Hauptanteil an der Säuglingssterblichkeit zukommt, oder daß beide Schädigungen zusammenwirken, es liegt nahe, anzunehmen, daß die stärker schädigende Wirkung der Stadt, verglichen mit dem Lande, auf die verschiedene Bauart der Häuser, insbesondere auf die vielstöckigen Mietshäuser zurückzuführen ist. Wenn nun auch der vielfach erbrachte Nachweis, daß die Sommersterblichkeit der Säuglinge in den oberen Stockwerken erheblich höher ist als in den unteren, dadurch eine Beschränkung erfährt, daß die Zahl der Lebenden nicht berücksichtigt ist, daß andere Faktoren, wie wirtschaftliche Lage, Ernährungsweise, ärztliche Versorgung, Pflege usw., nicht hinreichend gewürdigt sind, so zeigt doch ein Vergleich der Steigerung der Sterblichkeit an kühlen und heißen Tagen innerhalb der einzelnen Stockwerke (Tab. 4), sowie die Berücksichtigung der Gesamtmorbidität mit Ausschluß der Sommerdiarrhöe, die in den höheren Stockwerken keine Zunahme erfährt, eine größere Belastung der höheren Stockwerke

Tabelle 4.
(Aus v. Gruber, Wohnung und Gesundheit.)

	Es starben pro Tag	
	Kühler Vorsommer	Heißer Vorsommer
Keller	0,9	2,25
Parterre	3,2	7,0
1. Stock	4,3	11,5
2. „	3,8	13,0
3. „	4,4	13,0
4. „	4,0	12,25
5. „	—	0,25

hinsichtlich der Sommersterblichkeit der Säuglinge. Es ist daher wohl sehr wahrscheinlich, wenn auch der Nachweis streng statistisch nicht einwandfrei zu erbringen ist, daß die Mietskasernen das Leben der Säuglinge bedrohen.

Schließlich ist als eine Erkrankung, für deren Entstehen die Wohnung sichtlich von Bedeutung ist, die Rachitis anzuführen. Die Ätiologie der Rachitis ist auch heute noch nicht sichergestellt. Man hatte zwar schon frühzeitig erkannt, daß alle diejenigen Bedingungen, die zu einer Veränderung der natürlichen Lebensweise führen und die wir unter dem Sammelbegriff der Domestikation zusammenfassen, offenbar ein disponierendes Moment für die Rachitis darstellen. Es war aber schwierig, die Einwirkungsweise der einzelnen Faktoren zu erfassen und richtig zu deuten. In neuerer Zeit sind 2 Momente, die für die Rachitis zweifellos von Bedeutung sind, in den Vordergrund gerückt: das Licht und die Ernährung. Daß eine fehlerhafte Ernährung, vor allem der Mangel an bestimmten Vitaminen, zur Entstehung der Rachitis führen kann, ist durch das Tierexperiment, sowie durch die therapeutische Wirkung des vitaminreichen Lebertrans sichergestellt. Aber auch im Tierexperiment kann Rachitis durch Vitaminmangel allein nicht erzeugt werden, wenn die Tiere nicht gleichzeitig im Dunkeln gehalten werden. Dem Mangel an Licht scheint also eine ursächliche Rolle in der Ätiologie der Rachitis zuzukommen und eine Reihe von statistischen Arbeiten, in denen festgestellt wurde, daß der größte Teil der erkrankten Kinder aus lichtlosen Wohnungen stammte, schien diese Auffassung zu rechtfertigen. Die neueren Befunde Huldschinskys über die Lichttherapie der Rachitis erweisen jedoch, daß nur dem ultravioletten Anteil des Lichtes zwischen den Wellenlängen 320 und 290 $\mu\mu$ eine heilende bzw. verhütende Wirkung zukommt.

Dieser Befund fand eine weitere Bestätigung durch die Untersuchungen amerikanischer Autoren wie Heß, Steenbock u. a., die feststellten, daß pflanzliche Öle und Fette, die an und für sich das antirachitische Vitamin nicht enthalten, durch die Bestrahlung mit ultravioletttem Licht antirachitisch wirksam werden. So war der Zusammenhang zwischen Ernährung und Licht in der Rachitisätiologie gegeben. Licht, und zwar der ultraviolette Anteil, übt sowohl direkt wie indirekt, nämlich durch Aktivierung des in den Nährstoffen vorhandenen antirachitischen Provitamins einen heilenden bzw. verhütenden Einfluß auf die Rachitis aus.

Fensterglas absorbiert jedoch bekanntlich die ultravioletten Strahlen. In den Wohnungen selbst kann also das Licht seinen schützenden Einfluß kaum ausüben, es ist vielmehr das durch Fensterglas nicht denaturierte Licht im Freien, das der Rachitis entgegenwirkt. Wenn dieser Anschauung die Beobachtung zu widersprechen scheint, daß die Bewohner des hohen Nordens trotz der halbjährigen Winternacht keine Rachitis aufweisen, so ist dem entgegenzuhalten, daß deren Nahrung, die vorwiegend aus Fisch und Tran besteht, außerordentlich reich an antirachitischen Vitaminen ist. Die Bedeutung des Lichts im Freien hat aber Grotjan hervorgehoben, indem er darauf hinwies, daß die in ihrer sonstigen Lebenslage schlechter gehaltenen Londoner Proletarierkinder von der Rachitis verschont bleiben, da sie in weit höherem Maße Freiluftwesen sind als die deutschen in den mit Mietskasernen bebauten Groß- und Mittelstädten Deutschlands. „Es ist sicher kein Zufall, daß man in den schottischen Großstädten, die in deutscher Art mit hohen Mietskasernen bebaut sind, auch wieder zahlreiche rachitische Kinder antrifft." Es sind also nicht bauliche Mängel der einzelnen Wohnung oder Mangel an Licht in der Wohnung, die die Ursache dieser Erkrankung dar-

stellen, sondern es ist die Anlage der Städte, der Bau von hohen Mietskasernen und Hinterhäusern mit engen Höfen und Straßen, die eine Betätigung in freier Luft und natürlichen Licht verhindern.

B. Allgemeine Forderungen für einwandfreies Wohnen.

Die Bildung der Großstädte hat, zumal wo sie überstürzt geschah, in wohnungshygienischer Hinsicht viele schwere Nachteile gebracht und bei der Bautätigkeit der Zukunft ist in erster Linie eine planvolle Auseinandersetzung der sich zusammenballenden Massen anzustreben. Die Hauptaufgabe auf wohnungshygienischem Gebiet hat Praussnitz mit Recht darin gesehen, das augenblickliche Massenelend des großstädtischen Wohnens zu bekämpfen und für die Zukunft zu verhüten.

In folgendem sollen kurz allgemeine Richtlinien dargelegt werden, die zu beachten sind, um ein hygienisch einwandfreies Wohnen zu erreichen. Diese Richtlinien dürfen aber nicht als für jeden Fall gültige Forderungen aufgestellt werden, sondern sind unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Verhältnisse nur möglichst weitgehend zu erfüllen. Für großstädtische Siedlungen treten Fragen in den Vordergrund, die bei ländlichen Siedlungen eine untergeordnete Rolle spielen und umgekehrt. Umsiedlungen fordern ganz andere Voraussetzungen als sie für die Durchführung von Neusiedlungen nötig sind. Als wichtige allgemeine Aufgabe ergibt sich aber die Notwendigkeit, bei den bestehenden und neu zu schaffenden Vorschriften (polizeiliche Vorschriften u. dgl.) dafür zu sorgen, daß neben den bautechnischen auch die hygienischen Gesichtspunkte mehr als bisher berücksichtigt werden.

I. Bebauungsplan. Landesplanung.

Die Untersuchung und Prüfung der menschlichen Wohnung darf für den Hygieniker nicht erst beim eigentlichen Wohnhaus anfangen, sondern muß schon mit der Kritik des allgemeinen Bebauungsplanes beginnen.

Solche Bebauungspläne zweckmäßig und vorausschauend aufzustellen und durchzuführen, kann häufig nicht nur die Aufgabe eines Ortes allein sein, sondern weit größere Gebiete müssen sich zusammenschließen. Auf breiter Basis haben „Landesplanungen“ in Münster-Land, in Westsachsen, Ostthüringen, Oberschlesien und in der Gegend von Aachen begonnen. Im Ruhrbezirk beruht die Landesplanung bereits seit 1920 auf gesetzlicher Grundlage. Die vom Ruhrsiedlungsverband nicht erfaßten Stadt- und Landkreise des Regierungsbezirkes Düsseldorf haben sich auf Grund freier Vereinbarungen seit 1925 zu einem Landesplanungsverbande zusammengeschlossen. Die Durchführung der Pläne wird hier den Gemeinden übertragen. Im gleichen Jahre haben sich die Siedlungsausschüsse des Regierungsbezirks Merseburg unter dem Namen „Siedlungsverband für den engeren mitteldeutschen Industriebezirk“ zu einem losen Verbande vereinigt.

Bereits vor längerer Zeit ist der Entwurf für ein preußisches Städtebaugesetz ausgearbeitet worden und im Landtage durchberaten. Seine baldige Bekanntgabe ist im Interesse einer wirksamen und einheitlichen Durchführung dieser Aufgaben dringend zu fordern.

Sache der „Landesplanung“ ist es in erster Linie, die Gegenden zu erfassen, die die Brennpunkte des industriellen und kommerziellen Lebens des Landes sind. Diese Gebiete sind unter wirtschaftlichen und sozialen Gesichtspunkten aufzuteilen. Dabei muß aber jedes starre Festlegen von Einzelheiten (z. B. Bestimmungen über die Nutzungsarten

von Freiflächen, Fluchtlinien usw.) vermieden werden. Die Pläne müssen nur das Grundsätzliche vorbereitend herausarbeiten und sollen als Richtlinien die großen Umrisse festlegen. Einzelheiten sind den betreffenden Behörden und Stellen zu überlassen und erst dann zu treffen, wenn die Entwicklung diese Festlegungen nötig macht.

Der Begriff „Planung" hat in den letzten Jahrzehnten erhebliche Wandlungen erfahren und noch heute ist er nicht eindeutig umrissen. Aus seiner Entwicklung aber läßt sich das Ziel erkennen. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts beherrschte eine gewisse „Bauästhetik" die Ansichten und Regeln über den Städtebau. Formale Gesichtspunkte standen im Vordergrund. Um die Jahrhundertwende löst unter dem Einfluß der sich durchsetzenden sozialhygienischen Erkenntnisse eine entsprechend betriebene „Baupolitik" die erste Richtung ab. Kurz vor und besonders nach dem Kriege aber hat schließlich als modernste Phase dieser Entwicklung, die am treffendsten mit dem Worte „Raumwirtschaft" charakterisiert werden kann, diejenige eingesetzt, welche den großen wirtschaftlichen, wirtschaftsgeographischen Zusammenhängen besonders Rechnung trägt (Brandt).

Wenn irgend angängig, sind die eigentlichen Wohnviertel von den Industrie- und Gewerbezentren zu trennen. Bei Neusiedlungen oder Umsiedlungen könnten den Gewerbetreibenden in erster Linie etwa die mittleren Teile der Ortschaft zugewiesen werden, während die Industrie- und die Wohnviertel mehr in die Peripherie zu legen sind. Bei ausgesprochenen Industrieorten ist die Ansiedlung der Arbeiter in sogenannten Satelliten-Städten als vorteilhaft bezeichnet worden, wenn eine bequeme und schnelle Verbindung von Wohnung und Arbeitsstätte durch modernste Verkehrsmittel möglich ist. Die Zuweisung von Wohnungen weit entfernt vom Arbeitszentrum kann leicht ein Danaergeschenk werden, da die tägliche Bewältigung der Entfernung eine erhebliche Kraft-, Zeit- und Geldbelastung für den einzelnen mit sich bringt.

Zur Unterstützung der Volksgesundheit durch Gelegenheit zum Aufenthalt im Freien sind in den Bebauungsplan Wasserflächen, Frei-, Sportplätze und Dauerwald von vornherein aufzunehmen. Diese Freiplätze müssen so angeordnet werden, daß sie von allen Teilen der Ortschaft bequem erreichbar sind. Als Mindestforderung sollten auf den Kopf der Bevölkerung etwa 3 qm Freifläche entfallen. In London sind es sogar 5,3 qm pro Kopf, in Berlin 2,2 qm und in Leipzig nur 1,8 qm.

II. Straßen.

Eine Trennung der Straßen in Wohn- und Verkehrsstraßen ist unbedingt anzustreben. Die Verkehrsstraßen sollen 20—30 m breit sein und unter gerader Linienführung und unter möglichst wenig rechtwinkligen Kreuzungen vom Verkehrszentrum nach der Peripherie der Stadt führen. Gegebenenfalls ist der Ausbreitung des Verkehrs durch Projektierung von Ring- und Diagonalstraßen Rechnung zu tragen.

Neben den Verkehrsstraßen sind schmalere Wohnstraßen in größerer Zahl anzulegen. Die Breite dieser Straßen braucht nur 7—9 m zu betragen, wovon etwa 5 m für den Fahrdamm anzusetzen sind. Bei diesen Straßen können Bürgersteige unter Umständen fehlen, die bei den Verkehrsstraßen aber in ausreichender Breite unerläßlich sind. Besondere Aufmerksamkeit ist den Einmündungen der Wohnstraßen in die Verkehrsstraßen zu widmen. Um eine Verkehrsstraße möglichst wenig durch Querstraßen zu kreuzen, schlägt E. I. Siedler-Berlin vor, die Wohnstraßen, bevor sie in die Verkehrsstraße einmünden, durch eine zur Verkehrsstraße parallel geführte Sammelstraße aufzufangen und von dieser Sammelstraße nur einzelne Durchlässe nach der Verkehrsstraße hin anzuordnen.

Auf genügende Besonnung und günstige Lage der Wohnbauten zur Hauptwindrichtung ist bei Planung von Siedlungen Bedacht zu nehmen. Sonnenwärme und Sonnenlicht erfordern im wärmewirtschaftlichen und gesundheitlichen Interesse größte Auswertung. Eine Straßenführung von Westen nach Osten ist daher nach Möglichkeit zu vermeiden, da die Hausfronten auf der Südseite eines westöstlich verlaufenden Straßenzuges nach Norden gerichtet sind. Als Straßenrichtung ist unter diesen Gesichtspunkten ihr Verlauf in der Diagonale zu den Haupthimmelsrichtungen recht vorteilhaft. Bei geschlossenen Baublocks ist die Besonnung der Höfe um so größer, je mehr die Längsseiten des Blocks sich der Nordsüdrichtung nähern. In der Fig. 1 ist ein Straßennetz wiedergegeben, wo die Einzelstraßen so verlaufen, daß keine Hausfront völlig sonnenlos ist. Diese Anordnung schließt nicht aus, daß einzelne Hauptdurchgangsstraßen in anderer, z. B. durch verkehrstechnische Momente bedingter Richtung verlaufen. Schräg zur Haupthimmelsrichtung orientierte Straßen sind auch noch dadurch vorteilhaft, daß sie durch den Wind gut gereinigt werden, zumal die vorwiegende Windrichtung in unserer Gegend entsprechend ist.

Die Straßen sollen mit einem Material gepflastert werden, das hart und schwer zerreiblich ist. Einfache Chaussierung der Straßen in Städten ist unstatthaft. Schnelles Ablaufen des Regenwassers und leichte Reinigung ist durch ausreichendes Quergefälle zu ermöglichen. Als Großstadtpflaster ist Stampfasphalt sehr zweckmäßig; für Wohnstraßen und überhaupt Straßen mit geringem Wagenverkehr hat sich auch Teermakadampfpflaster gut bewährt. Die Fugen eines nicht fugenlosen Pflasters sind mit fester, nicht staubender Füllmasse auszufüllen. Bei Holzpflaster haben sich gelegentlich Mißstände herausgestellt.

Gas-, Wasser- und Elektrizitätsleitungen sind so zu verlegen, daß das Pflaster bei Reparaturen in möglichst geringem Maße zerstört zu werden braucht.

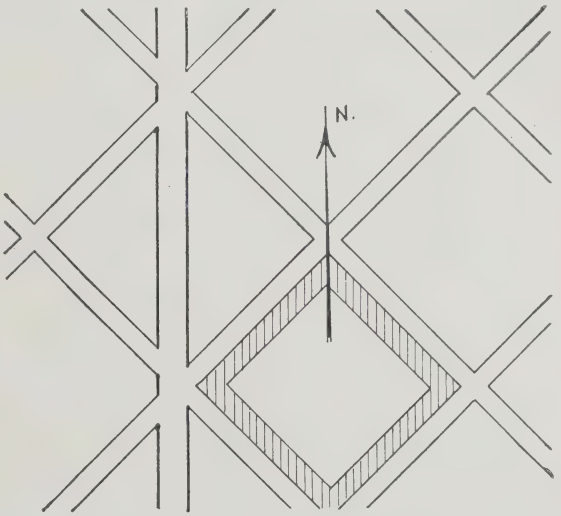


Fig. 1. Wohnstraßen schräg zu den Haupthimmelsrichtungen. Führung von Verkehrsstraßen in anderer Richtung trotzdem möglich. Aus Flügge, Das warme Wohnhaus (Marhold, Halle).

III. Höhenregeln, Geschoßhöhen, Flächenregeln.

Die größte Höhe der Häuser und die zulässige Anzahl der zu bewohnenden Geschosse ist festzulegen. Diese Regeln können für die einzelnen Teile einer Ortschaft verschieden bemessen werden und Verkehrsstraßen werden mit höheren Häusern zu bebauen sein, als ausgesprochene Wohnstraßen. In diesen sind die Häuser auf etwa 3 Stockwerke zu beschränken.

Rechnet man den Giebel zu $\frac{1}{3}$, so soll bei Wohnhäusern die Haushöhe nach der Straße zu nicht höher sein, als die Straßen-

breite beträgt. Auch nach dem Hofe zu darf das Haus nicht höher sein, als der Abstand zum gegenüberliegenden Haus. Im Hochbaugebiet sollte bei 25 m die Höhengrenze für Wohnhäuser liegen. Die Zahl der Stockwerke sollte nicht mehr als 5 betragen.

Das eben genannte Verhältnis von Haushöhe (H) zur Straßenbreite (B) = 1 : 1 ist als hygienische Mindestforderung zu bezeichnen. Prausnitz tritt dafür ein, daß der Hygieniker, wenn irgend möglich, folgendes Verhältnis vertreten sollte:

$$H : B = 2 : 3.$$

Bei einer Straßenbreite von 12 m dürfte beim Verhältnis 2 : 3 z. B. die größte Haushöhe nur 8 m betragen; bei einem Verhältnis 4 : 5 dürfte sie 9,6 m sein. Beträgt die Breite der Straße 16 m, so wäre im ersten Falle die Haushöhe auf 10,7 m und im zweiten Falle auf 12,8 m zu beschränken.

Die praktische Durchführung dieser Forderungen, die für Vorder- und Rückseite des Hauses zu gelten haben, dürfte dann in Zukunft weitere Einzelbestimmungen über nicht zu bebauende Freiflächen des Grundstückes, Hofgrößen u. dergl. sogar überflüssig machen.

Lichthöfe zur Belichtung von Nebenräumen (Aborte, Baderäume u. dergl.) sind zu gestatten und werden in bestimmten Fällen auch unvermeidbar sein. Die Grundfläche dieser Lichthöfe muß allerdings mit Rücksicht auf ihre Höhe groß genug entwickelt werden; für genügende Luftzirkulation in ihnen ist durch geeignete Maßnahmen (eventuell Zuluftkanal) Sorge zu tragen.

Auch für die Geschoßhöhe sind Mindestforderungen festzusetzen, die allerdings nach den örtlichen Verhältnissen verschieden zu bemessen sein werden. Bei kleinen Häusern, also bei Häusern mit nicht mehr als zwei Vollgeschossen, schreibt das Preußische Ministerium für Volkswohlfahrt als Mindesthöhe für Vollgeschosse 2,50 m und für Dachgeschosse 2,20 m vor. Für Mittelhäuser mit nicht mehr als 3 Vollgeschossen schreibt das Ministerium für das Erdgeschoß als Mindesthöhe 2,75 m, für die Obergeschosse 2,50 m und für das Dachgeschoß 2,20 m vor. Die Geschoßhöhen sind von Oberkante Fußboden zur Unterkante Decke zu nehmen.

Unter Berücksichtigung, daß jedem Insassen in der Stunde bei Annahme eines zweimaligen stündlichen Luftwechsels 32 cbm Frischluft zur Verfügung stehen sollen, muß die Größe des einzelnen Raumes also mindestens 16 cbm betragen (Schlafräume auch geringerer Luftkubus). Um diese Raumgröße zu erreichen, ist auf genügende Grundfläche mehr Wert zu legen als auf die Höhe. Die Bodenfläche soll mindestens 15 qm betragen. Quadratische Räume sind wenig vorteilhaft, da sie zu geringe Stellfläche bieten. Zweckmäßig ist es, dem Raum eine gute Breitenentwicklung zu geben.

Beim Bebauen eines Grundstückes sind bestimmte Flächenabschnitte frei zu halten. Das Minimum für die unbebaute Fläche soll etwa 25—30% der Gesamtfläche betragen. Bei neu zu erschließendem Gelände sollte die Freifläche 40% bei 2geschossiger Bauweise betragen, und sogar 50% bei 3geschossiger Bauweise. Höfe sollten mindestens 40 qm groß und nicht unter 5 m breit sein.

Der Abstand der Häuser voneinander (Bauwich) soll gegebenenfalls wenigstens 5 m betragen. Im anderen Falle entstehen leicht schmale, zur Schmutzansammlung neigende Gänge.

IV. Bauweise. Keller- und Dachwohnungen (Durchlüftbarkeit).

Hinsichtlich der Bauweise lassen sich allgemeingültige Anhaltspunkte schwer aufstellen. Jedenfalls haben die praktischen Erfahrungen der Nachkriegsjahre gezeigt, daß es nicht ratsam ist, die offene Bauweise als hygienische Forderung aufzustellen. Das Einzelhaus (als Kleinhaus besonders) hat beträchtliche Nachteile. Die Ausgestaltung von jedesmal vier Außenmauern, die durch die räumliche Ausdehnung bedingte längere Straßenfront mit ihren höheren Anliegekosten und die ungünstigere Wärmeökonomie machen das Wohnen im Einzelhaus teuer. Wenn die Bodenpreise es irgend gestatten, ist der Bau niedriger Reihenhäuser mit ausreichendem Gartenland anzustreben. Der Reihenhausbau ist auch freistehenden Mietskasernen mit entsprechenden Gartenflächen als Modus der Wahl immer vorzuziehen (s. Fig. 2).

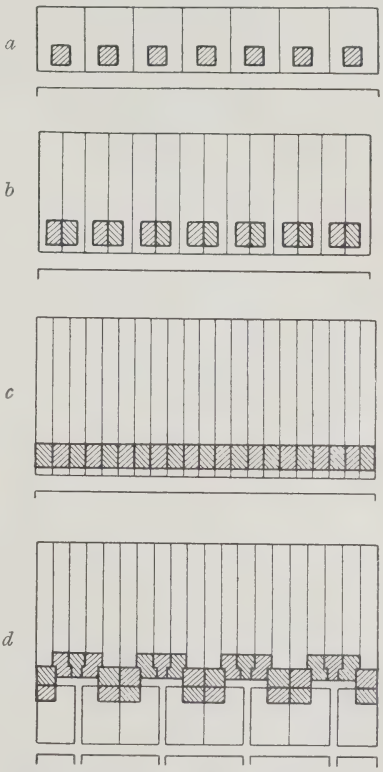


Fig. 2. Bebauungsmöglichkeit derselben Straßenlänge mit verschieden vielen Häusern. *a* Einzelhaus, *b* Doppelhaus, *c* Reihenhaus, *d* Gruppenhaus. (Aus Behrens und de Vries, Vom sparsamen Bauen.)

Kommt es darauf an, zur Behebung dringlicher Wohnungsnöte Maßnahmen zu ergreifen, so braucht aus hygienischen Gründen auf den Hochhausbau (vgl. Abschnitt 3, S. 295) als Wohnmöglichkeit nicht verzichtet zu werden. Das gilt um so mehr, wenn baureifes Gelände vorhanden ist, d. h. bestehende, bisher nur zum Teil bebaute Straßenzüge mit Wasser- und Abwasserleitungen usw. weiter bebaut werden können. Die Möglichkeit, zahlreichen Menschen auf diese Weise rasch Wohnung zu schaffen, darf nicht ungenutzt gelassen werden. Solche Häuser bedürfen aber einer gründlichen und geschickten Konstruktion. Abgesehen von der Erfüllung der bautechnischen Forderungen ist hier ganz besonders die ideelle Seite zu berücksichtigen, damit diese Häuser nicht lieblos gebaute Mietskasernen werden. Übermäßige Ausnutzung des Baugeländes durch Bau von Hinter- und Quergebäuden ist zu unterbinden. Die Einzelwohnung muß abgeschlossen am eigenen Flur liegen (kurze Flure, zahlreiche Treppenaufgänge), damit zu enge Berührung der einzelnen Hausgenossen untereinander tunlichst vermieden wird. Klosetts müssen für jede Wohnung innerhalb derselben vorhanden sein. —

Hierher gehört auch die Besprechung der Keller- und Dachwohnungen. Im Prinzip ist die Benutzung von Keller- und Dachgeschossen zur Wohnungsherstellung einzuschränken. Wird aber andererseits schon beim Bau des Hauses die genügende Rücksicht genommen, so lassen sich auch in diesen Geschossen einwandfreie Wohnungen schaffen. Voraus-

setzung ist, daß diese Wohnungen nicht auf Kosten der Nebenräumlichkeiten für die übrigen Hausbewohner gehen. Bei Dachwohnungen ist das Hauptgewicht auf guten Schutz gegen die Einflüsse der Außentemperatur zu legen. Gefahren, die durch die große Nähe von Schornsteinen usw. entstehen können, sind mit Sicherheit auszuschließen. Bequem begehbare Treppen müssen vorhanden sein.

Den Dachwohnungen zieht Nußbaum mit Recht gut angelegte Kellerwohnungen vor. Hinsichtlich der Wärmeverhältnisse sind diese bestimmt günstiger daran als Dachwohnungen. Bei den Kellerwohnungen ist das Hauptaugenmerk auf die Erzielung trockener Wände zu richten. Gute Isolation der Mauern gegen Feuchtigkeit von unten und von den Seiten muß vorhanden sein. Der Fußboden der Räume darf allerhöchstens 1,5 m unter dem höchsten benachbarten Straßen- oder Hofniveau zu liegen kommen. Beleuchtung und Luftzufuhr muß gut sein; Sonnenstrahlen müssen zu dem Raum Zutritt haben. Diese Forderungen lassen sich technisch erreichen und führen bei ihrer Erfüllung zu einwandfreien Wohnungen *).

Prausnitz bringt die Forderungen für die Lösung des Kleinwohnungsproblems (Verhütung von Mietskasernen, Entstehen hygienisch einwandfreier Kleinwohnungen) auf folgende einfache Formel:

1. für Kleinwohnungen bestimmte Häuser dürfen nur 3 bewohnte Geschosse haben;
2. Kleinwohnungen (mit höchstens 3 Wohnräumen einschl. Küche) müssen durchlüftbar angelegt sein.

Die Wohnungen eines Hauskomplexes sollten also so eingeteilt werden, daß miteinander direkt verbundene Räume Fenster haben, die an zwei gegenüberliegenden Wänden eines Hauses liegen. Zumal bei Wind ist diese Lüftung sehr ergiebig und fördert in kurzer Zeit frische Luft in die Zimmer, ohne z. B. im Winter die Oberflächen der Wände, Möbel usw. allzu stark abzukühlen. An warmen Sommertagen bei Windstille ist der Lüftungseffekt natürlich gering.

Für Wohnungen dieser Art darf die Durchlüftbarkeit als Grundforderung mit erhoben werden, wie das aus den Untersuchungen von Prausnitz (Querlüftung der Wohnungen, Arch. f. Hygiene 1918, 88) auch als notwendig hervorgeht.

In Kleinhäusern hingegen, bei denen die Bewohner (insbesondere die Kinder) leicht und gefahrlos das Freie erreichen und ihren Körper in Sonne und bewegter Luft austummeln können, darf auf die Durchlüftbarkeit ohne Schaden auch verzichtet werden. Das gilt um so mehr, wenn die Forderung der Querdurchlüftung Baupläne, Geländeausnutzung usw. für Kleinhäuser erschwert oder in bestimmten Fällen sogar unmöglich macht. Korff-Petersen kann es hier nicht für hygienisch begründet ansehen, wenn die neuen Bauvorschriften für Kleinhäuser zum Teil entweder Querdurchlüftung oder Anbringen besonderer Abluftkanäle in den einzelnen Räumen verlangen (vgl. auch S. 222).

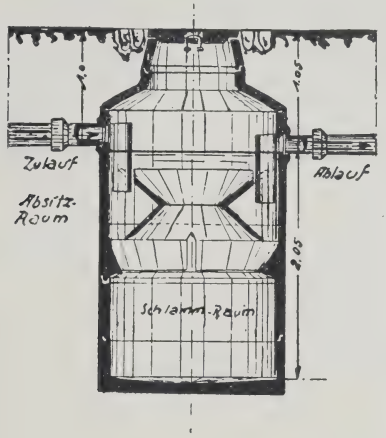
V. Wasser. Abwässer. Müll.

Bei Neusiedlungen ist die Versorgung der Wohnungen mit gutem Trinkwasser von allergrößter hygienischer Bedeutung (s. Bd. 1, S. 800ff.).

*) Die Temperatur- und Feuchtigkeitskontrolle der Raumluft wird am besten durch registrierende Apparate über größere Zeiträume hin ausgeübt (s. Bd. 3, S. 210/211). Für Wand- und Fußbodentemperaturmessungen eignen sich Thermoelemente, die gegebenenfalls an registrierende Galvanometer anzuschließen sind (s. Bd. 3, S. 229).

Sehr gut bedacht muß auch die Beseitigung der Abwässer sein (vgl. Bd. 1, S. 996). Die Unterschätzung der Abwässerfrage bei der Planfestsetzung für Siedlungen hat wiederholt hygienische Mängel hervorgerufen, deren nachträgliche Abstellung nicht unerhebliche finanzielle Opfer erforderte.

Wo die Gewißheit besteht, daß Gartenbau betrieben wird und genügend Land für jedes Haus zur Verfügung steht (Durchschnittsfamilie von fünf Köpfen benötigen etwa 600 qm), kann das Grubensystem zugelassen werden. Die gesamten Abgänge (Fäkalien, Urin, Abwässer) werden dabei in dicht gemauerten Gruben gesammelt und die flüssigen Bestandteile



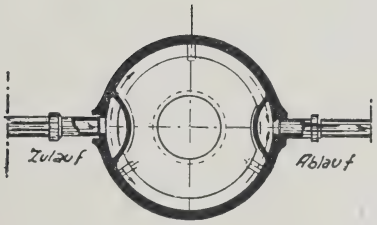


Fig. 3.

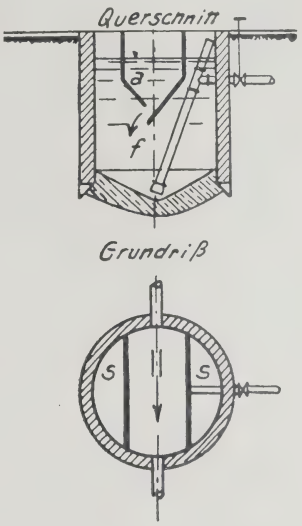


Fig. 4.

Fig. 3. „Oms"-Frischwasser-Hausklärgrube.

Fig. 4. Emscherbrunnen. *a* Absitzraum, *f* Schlammfaulraum, *s* Schwimmschlammraum.

von hier aus durch Drainröhren unter der Erde im Garten verteilt (Untergrundberieselung). Die festen Teile müssen von Zeit zu Zeit herausgepumpt werden und mit den Küchenabfällen, Torfstreu, Kalk, Erde und Laub zu Kompost verarbeitet werden.

Als Kanalisationssystem für eine Siedlung eignet sich vielleicht besonders das Trennsystem. Hauswässer und Fäkalien werden hierbei unterirdisch abgeleitet. Für die Meteorwässer braucht nur eine oberflächliche Ableitung vorgesehen zu werden.

Die Bequemlichkeiten der Spülklosetts lassen ihre Einrichtung auch da angezeigt erscheinen, wo der Anschluß an eine Kanalisation nicht möglich ist. Hier kommen die verschiedenen Arten der Hauskläranlagen zur Anwendung, von denen die Klein-Emscherbrunnen (s. Fig. 4) und die Frischwasserklärgruben, Bauart Oms, genannt seien (s. Fig. 3). Die in

Norddeutschland verbreiteten sogenannten Westenklärgruben sind nach Beobachtungen und Untersuchungen von Liese nicht zu empfehlen.

Für die Berechnung von Frischwasserkläranlagen sind von der staatlichen Abwasserstation in München (Prof. Graf) 1925 folgende Forderungen aufgestellt worden:

1. Der Klärraum darf niemals weniger als 250 l fassen. Er ist seinem kubischen Inhalt nach so zu bemessen, daß die Durchflußzeit (Absitzdauer) 1 Stunde beträgt.

2. Der Abwasseranfall ist pro Tag und Kopf mit 100 l anzunehmen; $^1/_{10}$ davon ist als stündliche Belastung zu rechnen.

3. Die Größe des Schlammsammelraumes ist so zu bemessen, daß die Schlammentleerung nur zweimal im Jahre zu erfolgen braucht. Im Durchschnitt ist pro Kopf und Tag mit einem Schlammanfall von 0,15 l zu rechnen. Auch wenn sich rechnerisch eine geringere Größe für den jeweiligen Fall ergeben sollte, ist der Schlammsammelraum mindestens mit 500 l anzusetzen.

4. Es werden nur solche Hauskläranlagen als Frischwasserkläranlagen anerkannt, bei denen faulige Gase und Schlammfladen vom Schlammsammelraum nicht in den Frischwasserklärraum übertreten können. (Untersuchung der Abwässer s. Bd. 1, S. 996.)

Die Beseitigung des Mülls (Kehricht, Haus- und Küchenabfälle) muß bedacht werden. Am zuverlässigsten ist die Beseitigung des Mülls durch Verbrennung. Dies ist nicht immer möglich. Meist wird man sich mit der Sammlung der gesamten Abfälle in geeigneten Behältern abfinden müssen, die in gewissen Zeitabständen auf den vorgesehenen Plätzen zu entleeren sind. Für regelmäßige und rechtzeitige Entleerung der Müllsammler muß Sorge getragen werden.

Zur Vermeidung des Mülltransportes von der Wohnung zum Behälter auf dem Hofe werden in größeren Häusern neuerdings Müllabwurfschächte eingebaut. Die Einschüttöffnung befindet sich meist in der Küche; besser ist ihre Betätigung von einem Wirtschaftsbalkon aus. (Entlüftung und Reinigungsmöglichkeit der Schächte, dichtes Schließen der Schachttüren.)

C. Bauausführung des Hauses.

I. Bauplatz. Baugrund.

Der Bauplatz wird im Einzelfall häufig durch den Bebauungsplan gegeben sein. Damit ist in der Regel auch die Gewähr vorhanden, daß ein guter Baugrund zur Verfügung steht.

Bei Anlage neuer Siedlungen verdient der Bauplatz und die Beschaffenheit des Baugrundes größte Aufmerksamkeit.

Die Anforderungen, die im Interesse gesunder Wohnungen an den Bauplatz zu stellen sind, haben sich nach zwei Richtungen zu erstrecken, nämlich auf die Oberflächengestaltung und die Bodenbeschaffenheit.

Hinsichtlich der Oberflächengestaltung des Geländes wird der Platz so zu wählen sein, daß genügende Durchlüftung, Belichtung und Besonnung des Gebäudes gewährleistet ist. Erhöhte Stellen, falls sie nicht dem Winde zu sehr ausgesetzt sind, bieten insofern günstige Verhältnisse, als sie Licht und Luft unbehindert Zutritt lassen, und der Boden infolge des natürlichen Gefälles rein und trocken ist. Denselben Vorteil haben leicht abfallende Hänge, wobei die Sonnenseite zu bevorzugen ist. Im übrigen kommt es bei Geländeerhöhungen und Hängen auf den Grad ihrer Neigung und auf die Lage und Richtung der wasserführenden Bodenschichten an.

Ungünstig sind Mulden und die Sohle tiefer und enger Täler, da das Licht nicht genügend Zutritt hat, die Luft in ihnen stagniert und infolge Wasseransammlung starke Bodenfeuchtigkeit besteht. Nach Norden gerichtete Abhänge zeigen relativ niedrige, Südabhänge entsprechend höhere Temperaturen infolge der verschiedenen Sonnenbestrahlung.

Von großer Bedeutung für das zu bauende Haus ist die Bodenbeschaffenheit des Untergrundes. Während vom bautechnischen Standpunkt in erster Linie Tragfähigkeit von dem Bauuntergrund verlangt wird, sind die vornehmsten hygienischen Anforderungen Reinheit, Trockenheit und Durchlässigkeit.

„Unser Wohnboden besteht in seinen oberflächlichen Lagen fast stets aus Diluvium oder Alluvium, Trümmern verwitterter Gesteine, die sich beim Alluvium vorzugsweise durch Ablagerung von Flüssen, beim Diluvium oft auch unter der Einwirkung der früher bis nach Mitteldeutschland hineinreichenden nordischen Gletscher zu ausgedehnten Kies-, Sand- und Lehmschichten aufgehäuft haben. Da Ortschaften in Fluß- und Bachtälern angelegt zu werden pflegen, bedeckt dort gewöhnlich alluviales Schwemmland die Gesteinslager früherer Formationen. Nur ganz ausnahmsweise kommt es vor, daß Ortschaften unmittelbar auf älterem Gestein liegen.“ (Flügge.)

Die Gesteinsformationen tragen nach Flügge nicht einen klimatischen oder hygienischen Charakter. „Hygienisch bedeutungsvoll sind in dieser Beziehung wesentlich nur die obersten Bodenschichten und auch bei diesen ist es nicht sehr von Interesse, ob sie dem Diluvium oder dem Alluvium angehören, sondern höchstens, ob sie innerhalb der letzten Jahre oder Jahrzehnte etwa durch Menschenhand (Aufschüttboden) oder bereits vor Jahrhunderten oder Jahrtausenden durch natürliche Einflüsse entstanden sind.“ Letztere sind als rein anzusehen und von diesem Standpunkt aus als Baugrund ohne weiteres geeignet. Mit Schuttablagerungen und Aufschüttungen bedecktes Gelände ist jedoch nicht als Baugrund zu benutzen, da es Krankheitserreger oder fäulnisfähige Stoffe enthalten kann. Meist genügen jedoch einige Jahre, bis der Boden sich selbst wieder reinigt, wobei die organischen Substanzen zersetzt, in indifferente Verbindungen zerlegt und unschädlich gemacht werden, so daß seiner Benutzung als Baugrund nichts mehr im Wege steht.

Das zweite wesentliche Erfordernis ist Trockenheit. Die Bodenfeuchtigkeit ist, wie im allgemeinen Teil bereits erwähnt, eine Hauptursache der Wohnungsfeuchtigkeit. Das Wasser steigt in den Poren des Mauerwerks empor, durchfeuchtet Wände und Decken, gibt dadurch Veranlassung zu Schimmelpilzwucherung und Hausschwammbildung und wirkt schädlich auf die Bewohner ein. Auch etwaige Verunreinigungen des Bodens können auf diese Weise mit hochgeführt werden und zur Verschlechterung der Luft durch unangenehme Gerüche führen.

Auch die Bodenluft steht in gewisser Weise im Zusammenhang mit dem Grundwasser und ist für die Wohnung unter Umständen von Bedeutung. Außer durch die Luftdruckschwankungen der Atmosphäre, durch die Temperaturdifferenzen im Verlaufe der Tages- und Nachtzeit, durch den Druck der Winde und dem Eindringen des Regens findet eine Bewegung der Bodenluft dadurch statt, daß die Luft mit sinkendem Grundwasserspiegel in den Boden eingesogen, mit steigendem wieder herausgedrückt wird. Wenn nun auch die Bodenluft frei von Mikroorganismen ist, so finden doch in den oberen Bodenschichten mannigfache Zersetzungen infolge des Absterbens der Pflanzenreste, des Eindringens animalischer Abgänge und durch Unreinlichkeiten, welche das Regenwasser aufnimmt und weiterführt, statt, und es entstehen übelriechende Stoffwechselprodukte, die der Bodenluft beigemischt werden und mit steigender Bodenluft in die Höhe gelangen. Da die Bodenluft oft mehrere Prozent Kohlensäure enthält, die freie Luft nur 0,03—0,04%, so ist ein stärkeres Einströmen der Bodenluft in die Wohnung durch die Analyse (Kohlensäurebestimmung) leicht zu erkennen.

Ferner wird die Bodenwärme in mancher Beziehung durch die Bodenfeuchtigkeit beeinflußt, obwohl andere Faktoren, wie Sonnenbestrahlung, Färbung des Bodens und spezifische Wärme der einzelnen Bodenbestandteile, von wesentlicherer Bedeutung sind. Die Bodenwärme hat einen gewissen Einfluß auf die Wärmeverhältnisse der über dem Boden errichteten Wohnhäuser, besonders für die zu ebener Erde gelegenen Räumlichkeiten. „Humusboden erfordert die doppelte Wärmemenge als Granit und Tertiärsand, um eine gleich hohe Erwärmung zu erfahren. Humusboden ist also kalt, Sandboden warm; Kalk-, Lehm- und Tonboden liegen etwa in der Mitte zwischen den Extremen. Trockener Boden hat durchschnittlich eine spezifische Wärme von 0,2. Wasser, dessen Wärmekapazität als Einheit gilt, macht fünfmal soviel Wärme erforderlich, um gleiche Temperaturzunahme zu erfahren, wie dies für trockene Erde der Fall ist. Absorbieren beide, Wasser und Erde, bei einer Bestrahlung von außen die gleiche Wärmemenge, so ist die Temperaturerhöhung der Erde fünfmal so groß als die des Wassers. Wir pflegen daher einen feuchten Boden als naßkalt zu bezeichnen.“ (Kröhnke und Müllenbach).

Da die Bodenbeschaffenheit für den Hausbau also recht wesentlich ist, wird in den meisten Fällen eine Bodenuntersuchung vor Beginn des Baues erforderlich sein. Häufig wird eine genauere Besichtigung genügen, wobei das Augenmerk vor allem auf etwaige verunreinigende Zuflüsse, Schuttablagerungen usw. zu richten sein wird. In anderen Fällen wird eine chemische und eventuelle bakteriologische Untersuchung des Bodens nicht zu umgehen sein. Zu diesem Zwecke werden dem Boden mittels Erdbohrer oder durch Ausschachtung Proben entnommen und auf das Vorhandensein zersetzlicher Stoffe (organischer Stickstoff, Nitrate und Nitrite) und Keimgehalt untersucht (s. Bd. 1, S. 742ff.). Es sei hier erwähnt, daß der Keimzahl eine unmittelbare Bedeutung für den Gesundheitswert des Bodens nicht zukommt. Doch gibt sie einen Anhaltspunkt für den Grad der Bodenverunreinigung insofern, als ein Boden um so mehr Mikroorganismen enthält, je reicher er an organischer Substanz ist.

Unbedingt erforderlich ist die Feststellung des durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehaltes des Bodens. Die Untersuchung wird einmal die Möglichkeit der Überschwemmung durch Oberflächenwasser, ferner aber den höchsten Grundwasserstand und eventuell seine Stromrichtung festzustellen haben. Ein wesentlicher Einfluß auf die Feuchtigkeit des Baugrundes kommt den jeweils vorhandenen Bodenarten zu. „Durchlässige großsporige Gesteinsarten geben meist einen besseren Baugrund als feinporige und schwer durchlässige Bodenarten, weil letztere Wasser und flüssige Verunreinigungen verhältnismäßig lange festhalten und deren organische Bestandteile langsamer mineralisieren. Deshalb sind Tonboden und mit Ton durchsetzter Sandboden als Baugrund weniger geeignet. Als allgemein gesunder Boden sind Sandböden mit fester Oberfläche und kiesigem Untergrund zu bezeichnen, weil sie eine gewisse Gewähr für Reinheit, Trockenheit, Durchlässigkeit und auch Standfestigkeit bieten. Dagegen bleiben alle schwer durchlässigen Böden auf zusammenhängender Tonschicht naß. Als gleichmäßig feuchte Böden gelten solche, die eine große Wasserkapazität besitzen, also feinkörnige, tiefgründige Bodenarten, besonders humoser Natur und die, welche oberflächlich gelockert sind. Böden von wechselndem Wassergehalt bei wechselnden äußeren Verhältnissen sind natürlich diejenigen, die gegen alle möglichen Fälle der oben

geschilderten Forderungen verstoßen, z. B. flachgründiger Torfboden mit undurchlässigem Untergrund" (Kröhnke und Müllenbach).

Ist man bei der Wahl an feuchten Boden gebunden, so werden je nach Ursprung und Grad der Feuchtigkeit die Abwehrmaßnahmen verschieden sein. Gehört der Bauplatz zum Überschwemmungsgebiet eines Flusses, so kann eventuell durch Regulierung des Flusses oder durch starke Aufschüttung des Terrains Abhilfe geschaffen werden. Ist diese Abhilfe nicht in befriedigender Weise zu beschaffen, so ist ein solcher Platz für die Errichtung menschlicher Wohnungen völlig ungeeignet.

Im anderen Falle liegt die Ursache der Feuchtigkeit in einem zeitweilig zu hohen Grundwasserstande. Dann muß die Geländebeschaffenheit mit Bezug auf die Grundwasserverhältnisse genau untersucht werden. Der maximale Grundwasserstand darf die Kellersohle des Hauses, welche $1\frac{1}{2}-2$ m unter die Bodenoberfläche hinabreicht, niemals berühren. Deshalb findet man in Baupolizeigesetzen vielfach die Vorschrift, daß die Kellersohle von neu zu errichtenden Gebäuden ein gewisses Mindestmaß (gewöhnlich 0,3—0,5, je nach der Bodenart aber auch bis 1 m) über den höchsten Grundwasserstand bleiben muß.

Sind diese Bedingungen nicht von vornherein nach dem Bauplan erfüllt, so muß der Abstand zwischen Grundwasser und Bodenoberfläche künstlich vergrößert werden. Dies kann man erreichen entweder durch Aufschüttung des Geländes oder durch eine künstliche Senkung des Grundwasserspiegels. Letztere wird den Vorzug größerer Sicherheit haben und erstere wird nur dann vorgenommen, wenn die Senkung des Grundwasserspiegels wegen unüberwindlicher Geländeschwierigkeiten oder zu großer Kostspieligkeit oder aus anderen Gründen nicht möglich ist.

Zur Senkung des Grundwasserspiegels hat man anfangs Gräben verwandt von 25—30 cm Sohlenbreite, die mit Steinen oder mit Reisig locker ausgefüllt und mit Erde überdeckt waren. Jetzt benutzt man zweckmäßig billige zylindrische, poröse Tonröhren. Die Tondrains werden je nach der Bodenbeschaffenheit in geringerer oder größerer Tiefe in Reihen unter die Bodenoberfläche verlegt. Die Entfernung der Drainröhren voneinander soll nach v. Esmarch bei ganz undurchlässigem Boden 5 m, bei durchlässigem Boden 7—10 m betragen. Das Wasser gelangt durch die Fugen zwischen den einzelnen Röhren in die Röhren und wird zu sogenannten Sammeldrains übergeleitet, die es dann in den Vorflutgraben ableiten. Die Drainierung ist am Platze bei allen Böden, welche an stauender Nässe leiden, von denen das Regenwasser also nicht durch ober- oder unterirdischen natürlichen Abfluß, sowie durch Verdunstung schnell verschwinden kann. In größeren Städten wird eine hinreichende Drainierung schon durch die Kanalisation gewährleistet sein, gegebenenfalls an diese angeschlossen werden können.

Bei Bekämpfung geringer Bodenfeuchtigkeit genügt oft schon die Anpflanzung stark wasseraufsaugender und verdunstender Pflanzen, wie Wasserreis, Sonnenblume und der blaue Gummibaum.

Bei höherer Grundfeuchtigkeit des Bodens ist eine sichere Trockenlegung allerdings schwierig durchzuführen. Bei Wahlfreiheit ist daher ein Bauplatz mit tiefem Grundwasserstand und reinem durchlässigen Boden allen künstlichen Trockenverfahren vorzuziehen.

II. Fundamente. Wohnungsfeuchtigkeit.

Das unter der Sohle des untersten Geschosses liegende Mauerwerk ist das Fundamentmauerwerk, dessen Stärke nach der zu erwartenden

Belastung durch die Hausmauern zu bemessen ist. Da das Fundamentmauerwerk der Bausicherheit halber frostfrei liegen muß, ist es mindestens 1,0—1,25 m unter das Erdreich herabzuführen.

Die Fundamente müssen wasserdicht sein und Schutzvorrichtungen gegen Boden- und Niederschlagsfeuchtigkeit besitzen (untere Isolierung durch vollständig ebene in der ganzen Breite der Fundamentmauer zu verlegende, 1 cm starke Lagen von Gußasphalt, Asphaltpappe oder Bleiplatten). Bei nicht unterkellertem Haus wird die Isolierschicht 1 bis 2 Schichten über Geländehöhe unter den Auflegern des Fußbodens angebracht (Fig. 5). Bei bewohntem Kellergeschoß hat die untere Isolierung in Höhe des massiven Kellerfußbodens zu liegen; gleichzeitig ist eine ausreichende Isolierung der Außenmauern gegen Spritzwasser u. dgl. anzuordnen (Fig. 6).

Sind diese Maßnahmen beim Bau des Hauses versäumt worden, so läßt sich die Grundfeuchtigkeit des Mauerwerks auch noch nachträglich beseitigen. Um eine Isolierschicht (Asphalt oder Bleiplatten) nachträglich einzubringen, werden mittels bestimmter Maschinen Fugen in die betreffende Mauer gesägt. Nachdem die betreffende Isolation angebracht ist, muß die Fuge, die im allgemeinen 1 cm stark ist, sorgfältig geschlossen werden. Die Arbeiten lassen sich rasch durchführen und sind für die Bewohner des Hauses vollkommen gefahrlos.

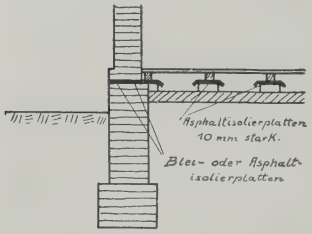


Fig. 5.

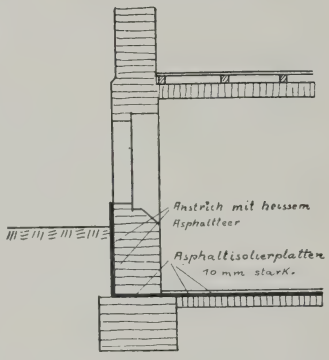


Fig. 6. Aus Flügge, Das warme Wohnhaus (Verlag Marhold, Halle a. S.).

Eine andere Ursache der Wohnungsfeuchtigkeit kann das beim Bauen des Hauses mit dem Mörtel usw. hineingebrachte Wasser sein. Bei einem Hause mittlerer Größe macht diese Wassermenge etwa 100 cbm aus. Außerdem enthält der Mörtel noch Hydratwasser, das beim Abbindungsprozeß frei wird. Seine Menge ist bei einem mittleren Bau auf etwa 6 cbm zu schätzen. Das Verputzen eines Rohbaues darf nicht einsetzen, bevor das Mauerwerk ausgetrocknet ist. Bezogen dürfen neue Bauten erst werden, wenn die Austrocknungsfrist verstrichen ist, die im allgemeinen 6—12 Wochen beträgt *). Der Mörtel darf dann nur noch eine Feuchtigkeit von höchstens 2% haben (Bestimmung der Mörtelfeuchtigkeit s. S. 321).

Muß die Hausfeuchtigkeit auf Witterungseinflüsse zurückgeführt werden, infolge zu geringer Mauerstärke oder Vermauerung hykroskopischer Baustoffe usw., so muß durch entsprechende Verschalung

*) Eine Herabsetzung der Austrocknungszeit kann durch künstliche Trocknung erreicht werden. Neben offenen Koksfeuern (s. Spitta-Heise, Arb. a. d. Reichsgesundheitsamt, 1910, Bd. 34) und der nach dem Kriege aufgekommenen Trocknung mit Azethylenflammen, die sich aber nicht bewährte, verdient in neuester Zeit das Bautentrocknungsverfahren durch Heißluft besondere Erwähnung, mit dem in der Praxis gute Erfahrungen gemacht worden sind.

(Schiefer, Ziegel, Zinkplatten u. dgl.) Abhilfe geschaffen werden. Es empfiehlt sich, die Wetterseiten mit Putz zu verkleiden, dem Dichtungsmittel beigemischt sind. Zu achten ist in diesem Zusammenhang auf möglichst gute Verlegung von Dachrinnen, Wasser- und Abwässerrohren. —

Ist die Bauausführung jedoch nicht fehlerhaft, so wird das Feuchtwerden von Wohnungen in der Regel durch unzweckmäßige Raumbenutzung von seiten der Bewohner hervorgerufen. Haben die Mauern hohen Wärmedurchgang, ungenügende Wasseraufnahmefähigkeit und hat die Zimmerluft hohen Feuchtigkeitsgehalt, so scheidet sich bei der Abkühlung der Zimmerluft an den Raumumschließungen Schwitzwasser an ihren Innenflächen ab (Mauerwerk aus Natursteinen). In solchen Fällen kann Abhilfe durch Torfoleum oder Korkplattenbelag mit Kalkputz geschaffen werden. Geeignete Entlüftung (Wrasenrohre, Ventilatoren) führt häufig ebenfalls zum Ziel. Das Kochen mit übermäßiger Dampfentwicklung und das Wäschewaschen in Wohnräumen ist überhaupt zu vermeiden.

III. Zwischenböden. Fußböden. Dächer.

Große Beachtung verdienen die Fußböden und die Hohlräume zwischen der Decke des Raumes und dem Fußboden des darüberliegenden Raumes, die sogenannten Zwischenböden. Als Füllmaterial für die Zwischenböden eignet sich reiner Sand, Kalktorf, Infusorienerde usw., keinesfalls aber Bauschutt, der häufig verunreinigt ist (S. 346) und zur Einschleppung von Hausschwamm führen kann. Die Ausfüllung der Zwischenböden hat den Zweck, wärmehaltend und schalldämpfend zu wirken. Besonders guter Wärmeisolation bedürfen die Decken des obersten Geschosses zum Dachgeschoß hin sowie die Fußböden nicht unterkellerter Räume (vgl. die Wärmedurchgangszahlen hierfür, S. 248).

Der Fußboden muß fest gefugt, undurchlässig, leicht zu reinigen und fußwarm sein. Massive Fußböden sind fußkälter als hölzerne und rauhere wiederum wärmer als glatte, weil bei den ersteren die direkte Berührungsfläche mit den Füßen kleiner ist.

Eichbauer hat zur Ausprobierung verschiedener Fußböden in wärmetechnischer Beziehung die Temperatursenkung bestimmt, die ein 40° erwärmter Metallklotz innerhalb 6 Minuten nach Auflegen auf den betreffenden Fußboden erleidet. Die ausführliche Beschreibung dieser Methode befindet sich auf S. 323. Das Verhalten verschiedener Fußböden und Fußbödenbelage wird aus der Tab. 5 (S. 306) ersichtlich.

Da die üblichen Dachdeckungsarten nur geringen Wärmeschutz zu bieten vermögen, sind Isolationen anzuordnen. Das gilt besonders, wenn das Dachgeschoß für Wohnzwecke verwendbar gemacht werden soll (Wärmedurchgangszahlen verschiedener Konstruktionen s. S. 249). Die Dachkonstruktionen müssen völlig wasserdicht sein; für eine zweckmäßige Abführung der Niederschlagswasser muß Sorge getragen werden.

IV. Schornstein.

Hier sind vor allen Dingen die Feuersicherheitsvorschriften zu beachten.

Schornsteine müssen massiv sein und mit vollen Fugen vermauert werden. Ihre Seitenwände sollen mindestens ½ Stein stark sein und die Innenflächen der Schornsteine sollen von Balken und Dachhölzern mindestens 20 cm entfernt sein. In ein unbesteigbares Schornsteinrohr von 225 qcm Querschnitt dürfen höchstens 3 Rauchrohre von Zimmeröfen geführt werden, die nicht in verschiedenen Geschossen liegen. Ein Kochherd ist gleich

Tabelle 5.

Art des Fußbodens (und bzw. Belages)	Temperatursenkung in C° nach 6 Minuten
Asphaltboden	6
Steinholzboden (Guß)	5,4
Zementboden (glatt, normal alt)	3,9
Lehmestrich	3,1
Linoleum (Jaspe) 3,6 mm auf Zement	3,0
Zementboden (rauh, neu)	2,9
Linoleum (hart, braun) 4 mm auf Zement	2,7
„ (Walton I, braun) 3,6 mm auf Zement	2,4
Parkettfußboden	1,6—2,2
Riemenfußboden	2,1
Korklinoleum 4 mm	1,9
„ 7 „	1,7
Zementboden (rauh, normal alt)	1,5
Korklinoleum 8 mm	1,45
Kokosläufer (auf Asphalt oder Parkett)	1,1
Begehbare Reinkorkplatte 15 mm	0,6

2 Zimmeröfen zu rechnen. Zentralheizungen, Backöfen usw. müssen eigene Schornsteine haben von mindestens 1 Stein Wangenstärke. Ausführliche Vorschriften sind in dem Erlaß des Staatskommissars fürdas Wohnungswesen vom 25. April 1919 zu finden (baupolizeiliche Vorschriften, herausgegeben vom Preußischen Ministerium für Volkswohlfahrt, Berlin 1921, Verlag Karl Heymann).

Die Lage des Schornsteines im Gebäudegrundriß ist am günstigsten in der Mitte des Hauses zwischen bewohnten Räumen, da hier die dem Schornstein entzogene Wärme wieder den Wohnräumen zugute kommt. Die Anordnung in der Hausmitte hat auch noch den Vorteil, daß der Schornstein das Dach an der höchsten Stelle verläßt und mit der ansteigenden Dachfläche keinen spitzen Winkel bildet (Vermeidung von Schneesäcken).

V. Seitenwände.

Die Seitenwände eines Gebäudes müssen zunächst die nötige Standfestigkeit haben. Ferner sollen sie so hergestellt werden, daß sie keine allzu große Wärmespeicherung besitzen, und daß sie Wärme und Schall schlecht leiten (Wärmedurchgangszahlen, s. oben S. 246).

Die Schallbekämpfung*) ist nicht nur bei Krankenhäusern, Amtsgebäuden, Schulen u. dgl. außerordentlich wichtig, sondern auch für das Wohnhaus, vor allem in der Großstadt, von erheblicher Bedeutung. Die Lösung dieser Frage ist deshalb nicht ganz einfach, weil unsere modernen Baustoffe Beton, Eisenbeton, Ziegelsteine usw. gute Schalleiter sind. Verminderung des Straßenschalles kann erzielt werden durch sorgfältiges Abdichten der Fenster- und Türenanschläge mittels Filz- oder Korkeinlagen. Die Übertragung von Erschütterungen von der Straße her auf das Gebäude kann dadurch eingeschränkt werden, daß die Straßenpflasterung nicht unmittelbar an das Gebäude anschließt (Zwischenschaltung von Lichtgräben, Vorgartenanlage mit lockerer Humuserde gefüllt u. dgl.). Schallsicherung einzelner Räume ist durch Doppeltüren mit Polsterung, Ver-

*) Methode zur Bestimmung der Durchlässigkeit von Baumaterialien für Luftschall s. S. 318.

wendung von Gummi als Fußbodenbelag u. dgl. möglich. In den Zwischenböden hat sich die Anordnung mehrerer Baustoffe verschiedenen Schalleitungsvermögens übereinander als vorteilhaft erwiesen. Geräusche von Maschinen (Aufzugmaschinen u. dgl.) sind dadurch zu bekämpfen, daß möglichst schallsichere Aufstellung von vornherein vorgenommen wird.

Die Wände dürfen weiterhin nicht luftundurchlässig sein, um gegebenenfalls den in dem Raum produzierten Wasserdampf aufzunehmen und später wieder abgeben zu können. Wasserdichter Verputz an der Wetterseite ist sehr zweckmäßig (s. S. 304); unzweckmäßig ist eine derartige Abdichtung aller Hausseiten. Die Luftdurchlässigkeit (vgl. oben S. 208) der bekannteren Baustoffe nimmt in folgender Reihenfolge ab: Kalkstein (sehr erheblich), Luftmörtel, Beton, unglasierte Klinke, Portlandzement, Sandstein. (Über die Bestimmung der natürlichen Ventilation s. oben S. 216.)

Für die Wärmeökonomie eines Hauses sind lufthaltige Mauern recht günstig, vorausgesetzt, daß ausreichende Sicherung gegen Feuchtigkeit von außen durch guten Putz, Schieferbelag u. dgl. vorhanden ist. Durchgehende Luftschichten in den Wänden sollten mit porösem Material ausgefüllt werden (Kieselgur, Schlacke usw.). Über die Dicke der Innen- und Außenmauern s. oben S. 250.

VI. Baustoffe (s. Tab. 6).

Das in Deutschland wohl am meisten verwendete Baumaterial ist der gebrannte Ziegelstein, der sich auch außerordentlich gut bewährt hat. Die nach dem Kriege einsetzende Kohlenknappheit erschwerte und verteuerte seine Herstellung aber so außerordentlich, daß ältere Bauweisen (Holzbau, Lehmbau) wieder mehr herangezogen werden mußten und sogenannte Ersatzbauweisen (Sparbauweisen), die für ihre Herstellung möglichst wenig Kohlen benötigten, in Anwendung kamen (Schwemmstein, Kalksandstein, verschiedenste Arten von Hohlbauweisen, Thermosbau usw.). Die größte Zahl dieser Bauweisen geht auf den Zement als Grundstoff zurück, der zur Ersparung

Tabelle 6*).

Baustoff	Raumgewicht kg/cbm	Druckfestigkeit kg/qcm	Spezifisches Gewicht	Porenvolum %	Luftdurchlässigkeit	Wärmeleitzahl $\lambda = \frac{\text{WE}}{\text{m} \cdot \text{Std.} \cdot °\text{C}}$	Wärmespeicherung WE/cbm	Wasseraufnahme %	Spez. Wärme WE/kg
Lehmstein . . .	1049—1670	—	2,6	37,0	0,3	0,38	240—390	15,7	0,23
Kalksandstein . .	1520—1720	140—220	2,4—2,5	30,0—39,0	0,46—14,4	0,6—0,8	310—429	14,7—17,6	0,2
Schwemmstein .	630	27—29	2,0	65,2—69,6	228—2250	0,13	240—390	57,5	0,28
Beton	1800—2200	60—400	2,3	22,2	0,2	0,65—0,7	448—469	16,0	0,21
Ziegelstein . . .	1540—1670	100—300	2,7	29,8—45,0	0,1—2,3	0,34—0,45	291—528	16,9—21,4	0,18—0,32

*) 1. Die Schwankungen der Zahlen sind durch die verschiedene Beschaffenheit des Materials bedingt (z. B. Handziegel, Maschinenziegel, Kiesbeton, Schlackenbeton usw.). — 2. Die Wärmeleit- und Durchgangszahlen sind für lufttrockenes Material angegeben (vgl. oben S. 239).

von Transportkosten mit in der Nähe gefundenem Material, wie Kies, Asche, Hochofenschlacke usw., zu verschiedenen Baukörpern verarbeitet wird (s. Fig. 7). Manche der Sparbauweisen haben sich recht gut bewährt; andere hingegen verschwanden wieder sehr bald vom Baumarkt. Jedenfalls bedarf jede neu auftauchende Bauweise gründlicher Ausprobierung. Gegebenenfalls sind Versuchsbauten aufzuführen, deren Kosten zu Lasten der öffentlichen Hand gehen sollten.

Die in den Nachkriegsjahren häufig feststellbar gewesene Tendenz, den Hausbau auf Kosten der Wandstärke zu verbilligen, hat sich als schwerer Fehler herausgestellt, weil hierdurch die Wärmeökonomie des Hauses außerordentlich ungünstig beeinflußt wird. Es kommt nicht nur darauf an, ein Haus mit möglichst geringem Kostenaufwand zu errichten, sondern es müssen auch die späteren Betriebskosten des Hauses (Erhaltung, Beheizung) sorgfältig bedacht werden.

Holzbau.

Wärmetechnisch betrachtet ist der Holzbau nicht ungünstig, da Holz ein schlechter Wärmeleiter ist. Auf der anderen Seite ist aber die Wärmespeicherung der üblichen schwachen Holzwände sehr gering. Abhilfe ist hier so zu schaffen, daß die Beheizung der Räume mit Öfen, die gutes Wärmespeicherungsvermögen besitzen, geschieht und daß die Wände nicht als Holzblockwände, sondern als Hohlwände errichtet werden, wobei die Hohlräume mit porösem Stoff auszufüllen sind. Die Eigenschaft des Schwindens und der Rissebildung beim Holzbau ist bei der Konstruktion zu bedenken. Sorgfältige Isolierungen durch Papplagen usw. sind vorzunehmen.

Lehmbau.

Lehmbauweisen werden als Stampf- Patzen- und Drahtbau ausgeführt. Die Zahlen für die Wärmeleitfähigkeit und die Wärmespeicherung sind denen des Ziegelsteins ähnlich. Die Luftdurchlässigkeit der Lehmwände ist allerdings gering. Ihr Verhalten gegenüber Wasser ist ungünstig. Es kann so starke Aufweichung von Lehmwänden eintreten, daß die Standfestigkeit des Hauses leidet. Besonders gute Isolation gegen Grundwasser und Schlagregen ist vorzunehmen. Die Austrocknungszeit der verhältnismäßig dicken Lehmstampfwände ist lang. Bei Vermeidung technischer Mängel ist der Lehmbau hygienisch als einwandfrei zu bezeichnen.

Schwemmsteinbau.

Der rheinische Schwemmstein wird aus vulkanischem Bimsstein hergestellt (Neuwied). Er kann hygienisch als außerordentlich guter Baustoff gelten. Seine Wärmeleitfähigkeit ist sehr gering; das Wärmespeicherungsvermögen aber leider ebenfalls. Seine große Luftdurchlässigkeit sinkt im ausgeführten Mauerverbande stark herab und wird praktisch bedeutungslos. Er ist für viele Zwecke wegen seiner geringen Wärmeleitfähigkeit und seines geringen Gewichtes gut verwendbar.

Kalksandsteinbau.

Der Kalksandstein ist eine innige Mischung von Kalk und Sand, die in Formen gepreßt und unter Dampfdruck gehärtet wird. Die große Druckfestigkeit des Steines und seine bequeme Vermauerungsmöglichkeit (wegen seiner regelmäßigen Gestalt) haben ihn zu einem viel verwendeten Baustoff gemacht. Wärmeleitung und Wärmespeicherung des Steines ist ungünstig, und Kalksandsteinmauerwerk erfordert in wärmetechnischer

Hinsicht im allgemeinen einen besonderen Schutz. Zum Bau von massiven Außenmauern von kleinen Häusern ist er wenig geeignet. Sein Verhalten Wasser gegenüber ist hygienisch günstig.

Neuerdings sollen von der Kalksandsteinindustrie auch Steine hergestellt werden, die erheblich günstigere Wärmeeigenschaften haben, als die früheren. Die Kalksandsteine sind genormt.

Ziegelsteinbau.

Neben großer Festigkeit besitzt der gebrannte Ziegelstein beträchtliche Porösität und damit geringe Wärmeleitfähigkeit. Allerdings müssen

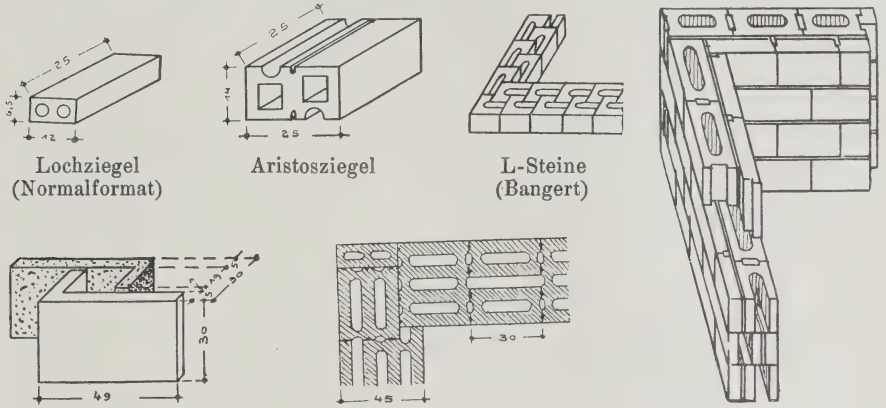


Fig. 7. Aus Flügge, Das warme Wohnhaus (Marhold, Halle a. S.).

massive Außenmauern aus wärmehaltenden Gründen doch so dick hergestellt werden, daß ihre Wärmespeicherung unerwünscht hoch werden kann (Winter: große Feuerungsmenge zum Durchheizen; Sommer: verzögerte Abkühlung nach längeren Hitzeperioden). Als Verbilligungen und in wärme-

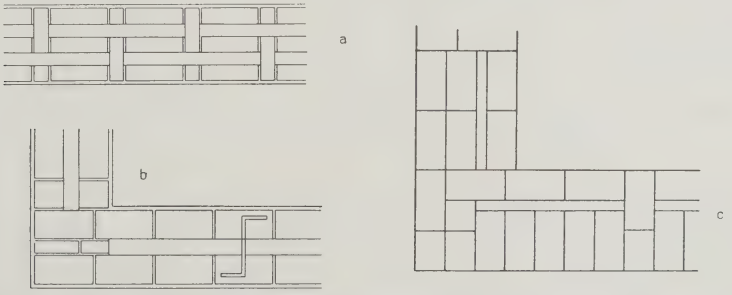


Fig. 8. Ziegelhohlwände. a Bauweise „Fauth-Sorau“ (2 Hohlräume 5 ccm). b Hohlwand 30 ccm stark; Luftschicht 6 ccm. c Hohlwand 36 ccm stark; Luftschicht 4 ccm.

technischer Hinsicht als Verbesserungen gelten die Ziegelhohlsteine der verschiedensten Arten (s. Fig. 7 u. 8). Die Luft in den Hohlräumen ist ein um so besserer Isolator, je mehr Lufträume horizontal nebeneinander gelagert sind. Besonderer Wärmeschutz an der Innenseite im Verein mit entsprechender Heizung hat sich in der Praxis bewährt. Die

Wandstärken solcher innen isolierten Ziegelmauern können geringer bemessen werden. Näheres s. oben S. 252.

Betonbau.

Die Wärmeeigenschaften des Kiesbetons sind ungünstig, und als gestampfter voller Mauerkörper kommt er für die massive Außenwand von Wohnhäusern kaum in Frage. Durch Zusatz von Schlacke, Brikettasche, Bimsstückchen usw. lassen sich die Wärmeeigenschaften des Betons — allerdings auf Kosten seiner Tragfähigkeit — wesentlich verbessern. Er kommt in der Praxis als besonders konstruierte Hohlsteine oder Hohlwände zur Anwendung. Die Ausfüllung der Hohlmauern geschieht mit schlecht wärmeleitenden Stoffen. Zu erwähnen ist unter anderem hier der Betonhohlstein nach Fuchs, die Appa-, Ambi-, Jurko- und die Bangert-Bauweise (s. Fig. 8).

Die Stahlbauweisen, die für Wohnungsbauten in Deutschland bisher zur Ausführung kommen, bestehen meist darin, daß die Außenwände eine Stahlhaut besitzen und unter Bildung einer Luftschicht innen mit Leichtbauplatten ausgebaut werden. Die Stahlwand, System Blecken (Ges.-Ing. 6, 1928, S. 63), mit einer Gesamtstärke von 133 mm bietet einen ebensolchen Wärmeschutz wie eine 50½ cm starke Vollziegelmauer mittlerer Feuchtigkeit.

VII. Gebäudegrundriß.

Bei der Grundrißgestaltung sind Wirtschaftlichkeit, Wohnlichkeit und Schönheit miteinander in Einklang zu bringen.

Wirtschaftliche Gesichtspunkte sind besonders dafür maßgebend, den späteren Betrieb des Hauses billig zu gestalten. Hier dürften wärmetechnische Überlegungen in den Vordergrund treten, und für möglichst warme Lage aller bewohnten Räume des Hauses ist Sorge zu tragen.

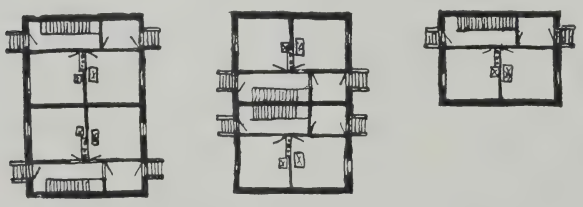


Fig. 9. Aus Flügge, Das warme Wohnhaus (Verlag Marhold, Halle a. S.).

Aus Fig. 9 wird der verschiedene Wärmebedarf klar, den ein Erdgeschoß eines Doppelhauses hat, wenn die Wohnräume innen liegen und Flur und Nebenräume als wirksamer Wärmeschutz außen angeordnet sind, oder wenn das Umgekehrte der Fall ist.

Das gilt nicht nur für das Einzelhaus, sondern auch für Reihenhausanlagen überhaupt, bei denen eine Nebeneinanderreihung bewohnter Räume einer gleichartigen Aneinandersetzung der Häuser vorzuziehen ist. Tab. 7 gibt den stündlichen, von Hencky berechneten Wärmebedarf derselben Kleinhausform (wie Fig. 9) in verschiedener baulicher Zusammenstellung an und zeigt die Ersparnisse, welche die unter wärmetechnisch richtigen Gesichtspunkten erfolgte Haus- und Raumanordnung einzubringen vermag (vgl. auch S. 250 dieses Bandes).

Weiterhin ist bei der Grundrißgestaltung die Wohnlichkeit des späteren Hauses zu bedenken. Lange Wege, unnötiges Treppensteigen usw. können dadurch vermieden werden, daß zusammengehörige Räume aneinander gelegt werden. Zimmer, die ruhig liegen sollen (Studierzimmer,

Tabelle 7.

Hausform	Wärmebedarf WE/Std.	Kohlenverbrauch kg/Jahr
1. Kleinhaus als Einzelhaus	3640	3200
2. Kleinhaus als Teil eines Doppelhauses (bewohnte Räume außen angeordnet)	3510	3100
3. Kleinhaus als Teil eines Doppelhauses (bewohnte Räume innen angeordnet)	2760	2500
4. Kleinhaus als Teil einer Reihenhausanlage (gleichartige Aneinanderreihung)	2720	2400
5. Kleinhaus als Teil einer Reihenhausanlage (bewohnte Räume nebeneinander gelegt)	2500	2200
6. Kleinhaus als dreiseitig eingebautes Haus (Gruppenhaus, gleichartige Aneinanderreihung)	2140	1900

Schlafräume u. dgl.) dürfen keine Durchgangsräume sein. Hierfür eignen sich Nebenräumlichkeiten (Flure, Treppenhäuser usw.). Vorteilhaft ist es, Bad und Abort neben die Schlafzimmer zu legen; auch ist es praktisch, die Küche mit ihren Nebenräumen nicht allzuweit vom Eßzimmer entfernt anzuordnen.

Schließlich sollen Haus und Räume nicht nur zweckmäßig sein. Sie sollen auch schön sein, um den Bewohner an seine Wohnung zu fesseln und ein größeres Heimatsgefühl aufkommen zu lassen. Die Abwechslung größerer Räume mit kleineren in ihrer Lage zueinander, sowie die Abmessungen der einzelnen Räume überhaupt, sind hierfür wesentliche Momente. Hohe Zimmer mit kleiner Grundfläche lassen leicht das Gefühl von Bedrücktsein aufkommen. Quadratische Räume gestatten in der Regel wenig wohnliche Möblierung usw.

VIII. Orientierung der Räume nach den Himmelsrichtungen.

Besteht die Möglichkeit, die Anordnung der einzelnen Räume innerhalb der Wohnung mit Rücksicht auf die Himmelsrichtungen vorzunehmen, so lassen sich dafür ganz bestimmte Anhaltspunkte geben. Bei freistehenden größeren Einzelhäusern empfiehlt es sich sogar dringend, hierauf Rücksicht zu nehmen.

Die Nordseite mit gleichmäßiger Belichtung, nicht zu starker Abkühlung im Winter und mäßiger Erwärmung im Sommer, eignet sich besonders für Wirtschaftsräume (außer Wohnküchen), Bade- und Aborträume, Treppenhäuser und für Räume, die nicht allzu stark benutzt werden (Gesellschaftsräume, gute Stube).

Die Ostseite zeigt im Winter starke Abkühlung und im Sommer gründliche Durchsonnung ohne starke Erwärmung (Frühsonne). Sie eignet sich daher für Schlafzimmer, Frühstücksstuben, Werkstätten, Schlafkammern im Dachgeschoß und allgemein für Zimmer, die vornehmlich früh und vormittags besonders benutzt werden.

Die Südseite kann als ausgesprochene Wohnseite bezeichnet werden. Nach dieser Himmelsrichtung sollten Wohnzimmer, Wohnküchen, Kinderzimmer, Studierzimmer, Veranden usw. liegen.

Nächst der Nordseite ist auch die Westseite eine ungünstige Wohnseite, weil sie dem Wetter stark ausgesetzt ist (Feuchtigkeit; starke Sonnenerwärmung im Sommer; geringe Wärme der winterlichen Sonne; Blendung der Westsonne). Nach Westen sind dementsprechend nur zeit-

weilig benutzte Speisezimmer, Nebenräume, Treppenhäuser, Flure und Dielen zu legen.

IX. Raumzahl.

Solange die Wohngelegenheit nur eine Trennung von Mensch und Vieh, oder der einzelnen Familien und endlich der Geschlechter zuläßt, spricht man zweckmäßigerweise nur von einem Obdach.

Erst durch fortschreitende Trennung von Wirtschafts- und Schlafräumen, von Schlafräumen in eigentliche Schlafräume und Bade- und Ankleidezimmer usw. und schließlich von Wohnräumen in Speise-, Musik-, Herrenzimmer usw. wird aus dem Obdach die Wohnung verschiedenster Kulturgrade (Langen).

Bei der Besprechung der Raumzahl können die sogenannten herrschaftlichen Wohnungen ganz unberücksichtigt bleiben. Anzahl und Größe der Räume wird sich hier entsprechend den zur Verfügung stehenden Mitteln ganz nach den Wünschen der Erbauer richten.

Wichtig ist aber die Behandlung der Frage, wieviel Räume auch für Kleinstwohnungen bereit stehen sollten.

Zur Bekämpfung des Schlafgängerwesens sind Wohnungen, sogar für eine einzige Person zu fordern. Solche Kleinstwohnungen können entweder für sich bestehen oder mit besonderem Eingang an Familienwohnungen angehängt werden. Eine Zusammenfassung derartiger Wohngelegenheiten führt zur Schaffung von Burschen-, Mädchen- und Ledigenheimen.

Bei der Bereitstellung von Familienwohnungen bescheidenster Art (Trennung der Geschlechter) dürfte hinsichtlich des notwendigen Raumbedarfes etwa folgendes zu gelten haben:

1. Einraumwohnungen (1 beheizbarer Raum): Für alleinstehende Personen oder 2 und mehr Personen desselben Geschlechts oder für Ehepaare bis zum 7. Jahre nach der Eheschließung.
2. Zweiraumwohnungen (Eingänge getrennt; 1 Raum heizbar): Für 2 und mehr Personen verschiedenen Geschlechts oder Ehepaare bis zum 12. Jahre nach der Eheschließung (Kinder über 7 Jahre im besonderen Zimmer).
3. Dreiraumwohnungen (2 Eingänge getrennt; 1 Raum heizbar): Für Ehepaare vom 12.—30. Jahre nach der Eheschließung (Söhne und Töchter in besonderen Zimmern).

Als Grundforderung hätte nach dem oben skizzierten Raumbedarf folgendes zu gelten:

1. 1—3 belichtete, lüftbare Kammern mit getrennten Eingängen.
2. Küchenstube mit Kochnische (möglichst mit Speiseaufbewahrungsraum).
3. Abort.
4. Abstellraum für Gerätschaften u. dgl. (möglichst zu ebener Erde).

Bei Massenquartieren dieser Art sind zentrale Anlagen für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung in ideeller Hinsicht außerordentlich wertvoll.

Solche Wohnungen, die noch unter den Begriff „Obdach“ fallen, stellen kein wünschenswertes Endziel für die Lösung der Wohnungsfrage dar. Man wird aber in der nächsten Zeit um diese erste Stufe der Entwicklung nicht herumkommen. Immerhin sind sie in wohnungshygienischer Hinsicht dort durchaus tragbar, wo Speisehallen, Kinderhorte, Wärmehallen, Badeanstalten usw. und ausreichende grüne Anlage als Ergänzungen hinzukommen.

Das erstrebenswerte Ziel bleibt die bescheidene Vollwohnung. Hierfür würden etwa folgende Raumforderungen zu vertreten sein:

1. In bester Lage des Hauses Wohnküche, mit Speiseaufbewahrungsraum, Spülküche und Wirtschaftsbalkon. Dazu besondere Abstellnischen oder Abstellräume für Brennmaterial, Gerätschaften u. dgl.
2. Zur Entlastung der Wohnküche für anspruchsvollere Bewohner eine ausgesprochene Wohnstube.
3. 3 Schlafräume mit getrennten Eingängen.
4. Abort und Badevorrichtung (eventuell Sparbadewanne mit nur 80—100 l Inhalt für ein Vollbad).

Korff-Petersen weist übrigens mit Recht darauf hin, daß ein Zuviel an Räumen (Wohnstube oder gute Stube) unter Umständen zu vermeiden ist, damit der Anreiz zur Untervermietung (Schlafgängerwesen) nach Möglichkeit ausgeschlossen wird.

X. „Typenhaus".

Mit Recht wird die Forderung vertreten, für die Klein- und Mittelwohnungen Typenhäuser zu schaffen. Zweifellos lassen sich durch eine Typisierung eher hygienische einwandfreie und wirtschaftliche Wohnungen schaffen, als wenn die besprochenen Forderungen bei jedem Neubau immer wieder aufs neue bedacht werden müssen. Das nach Form und Material einheitlich gebaute Typenhaus gewährleistet eine leichte Prüfung der Befolgung hygienischer und technischer Anforderungen (Erleichterung der Wohnungsaufsicht). Durch die mögliche Normalisierung von Möbeln und Ausbaustücken (Dächer, Türen, Fenster usw.) wird außerdem eine erhebliche Verbilligung der Baukosten erzielt werden können. Erwähnt seien hier die Untersuchungen von Stadtbaurat Bohrer-Aachen über 71 ausgeführte Normalgrundrisse, Verlag Ernst Wasmuth-Berlin, und die Bestrebungen des Normenausschusses der deutschen Industrie, Berlin, Abteilung Stadtbaunormung und des deutschen Ausschusses für wirtschaftlichen Bau in Dresden.

Die zu schaffenden Typen müssen aber den besonderen örtlichen „Wohngepflogenheiten" Rechnung tragen. Die Streitfrage „Wohnküche" erledigt sich z. B. von selbst dahin, daß die Bewohner bestimmter Gegenden, die die Wohnküche wünschen, einen solchen Raum bekommen können, daß aber die Gegner ihn nicht zwangsläufig mit in Kauf nehmen müssen. Das moderne Typenhaus ist dann richtig verstanden, wenn es hygienisch und wirtschaftlich als einwandfreie Weiterentwicklung der alten Typenhäuser der betreffenden Gegenden Deutschlnds angesehen werden kann.

XI. Ausstattung der Wohnung.

Beleuchtung s. S. 194 (Abschnitt D). Heizung und Lüftung s. S. 275. Besondere Vorschläge für billige Lüftungseinrichtungen in Kleinhäusern s. S. 222.

Fenster (wenigstens teilweise zum Öffnen eingerichtet) sollen nur in der Zahl und Größe vorhanden sein, wie sie für die Belichtung notwendig sind (s. oben S. 251). Nach Untersuchungen von Raisch verursachen gewöhnliche einfache Fenster wegen ihrer großen Wärme- und Luftdurchlässigkeit ganz erhebliche Wärmeverluste. Für beheizte Räume sollte ihre Verwendung vermieden werden. Eine wesentliche Verbesserung bringt die Verwendung von Doppelfenstern. Auf gute Fugendichtigkeit (Luft- und Schalldurchlässigkeit!) ist besonderer Wert zu legen. Auch Fenster mit

geringerem Glasabstand gegenüber den bis jetzt meist gebräuchlichen Arten können mit Vorteil verwendet werden.

Die Lage der Türen in den Räumen soll so sein, daß sie die Möblierung nicht erschweren. Badezimmer, Schlafzimmer und Studierzimmer sollen nur möglichst eine Tür haben. Die Türen sollten so aufschlagen, daß sie nicht sofort das ganze Zimmer blickfrei machen.

Treppen sollen leicht begehbar sein; nach etwa 15 Stufen soll ein Absatz folgen. Die zweiläufige Treppe mit geraden Läufen und mit nach je 10—15 Auftritten zwischengeschaltetem Absatz ist die vorteilhafteste. Die freie Seite der Treppe muß ein Geländer mit Handläufer in 80—90 cm Höhe besitzen. Ein Durchschlüpfen der Kinder muß unmöglich gemacht werden. Bei Kleinhäusern mit schmalen Treppen und schmalen Türen ist die Möglichkeit des Auseinandernehmens der Möbelstücke zu bedenken.

Küche, Waschküche, Speisekammer, Baderäume u. dgl. müssen leicht abwaschbare Wandbekleidung haben. Hierfür eignet sich glattes Mauerwerk, Zementputz, Ölfarbenanstriche, Glasplatten- oder Fliesenbelag.

Für Wohnräume sollten einfache Leimfarbenanstriche oder gute giftfreie Tapeten verwendet werden.

In der Küche sollten Herd und Spültisch stets eingebaut werden. Der Einbau weiterer Möbel (Wandschränke, Eimer- und Putzschränkchen usw.) ist anzustreben. Bei der Konstruktion von Einbaumöbeln sind Abmessungen zu wählen, die denen der gewöhnlichen Möbel möglichst gleichkommen (Schranktiefe, Reichhöhe usw.).

Bei der Einrichtung der Versorgung mit Leuchtgas und der Ausführung, Aufstellung und Handhabung von Gas-, Heiz- und Kochapparaten sind die Leitsätze zu beachten, die vom Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmänner e. V., Berlin W 35, Am Karlsbad 12/13, unter Mitwirkung des Reichsgesundheitsamtes und anderer Behörden ausgearbeitet worden sind. (Gas-Feuerstätten und Geräte für Niederdruckgas, 1925, R. Oldenbourg-München.) Über Raumheizung mit Gas s. S. 256.

Kochplatten, Bratrohre oder sogar kleinere Gasherde brauchen in den üblichen Küchenräumen nicht an Schornsteine angeschlossen zu werden. Bei einem Luftraum der Küche von etwa 50 cbm ist ein stündlicher Höchstverbrauch von 2 cbm Gas völlig unbedenklich. Bei Überschreitung dieses Verbrauches sind einfache Lüftungsmöglichkeiten vorzusehen (Luftklappen in Fensterscheiben u. dergl.).

Große Gasherde (Restaurations- und Hotelküchen), Badeöfen und größere Wassererhitzer müssen ausnahmslos an einen Schornstein oder an eine feste Abgasleitung angeschlossen werden. Die Ausführung der Rohrleitungen ist in besonderen Vorschriften von dem genannten Verein 1910 in Königsberg festgelegt worden. (Journal für Gasbeleuchtung 1910, S. 635. Sonderabdrucke können vom Verein bezogen werden. Vgl. auch das Kohlenoxydmerkblatt des Reichsgesundheitsamtes, Verlag Springer-Berlin.)

Die Verwendung der Elektrizität in den Wohnungen für Beleuchtung, Heizung und für den Betrieb von Hausapparaten nimmt in letzter Zeit erheblich zu. Der allgemein zu wünschenden Verbreitung stehen leider noch zu große Kosten entgegen.

Die Einrichtung elektrischer Anlagen erfolgt am besten nach den Vorschriften für die Einrichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen

nebst Ausführungsregeln, herausgegeben vom Verband deutscher Elektrotechniker e. V., Berlin, Verlag Julius Springer. Über elektrische Raumheizung s. S. 257.

Die Einrichtung von Warmwasseranlagen sollte im neuzeitlichen Wohnungshaus ebenso als Notwendigkeit anerkannt werden, wie die Beheizung und Beleuchtung der Räume. Heute werden aber leider immer noch Wohnungen, die den „Vorzug" des elektrischen Lichtes, einer Zentralheizung und einer zentralen Warmwasserversorgung besitzen, „als Luxuswohnungen" angesehen und — entsprechend den dadurch nötig gewordenen „Verschönerungsunkosten" — recht teuer vermietet.

Von den rund 70 l Wasser, die in Deutschland auf den Kopf für den Haushaltbedarf entfallen, wird etwa die Hälfte bis Zweidrittel als warmes Wasser verwendet (Abwaschwasser, Reinigung von Geschirr, Geräten, Badewasser u. dergl.).

Ausführliches über Einrichtung und Anlage von Warmwasserbereitungen ist zu finden bei W. Heepke, Die Warmwasserbereitungs- und Versorgungsanlagen, 1921. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin.

D. Untersuchung der Baumaterialien.

Bei der Untersuchung von Baumaterialien ist der Hygieniker in letzter Zeit häufig zu Wort gekommen, da neben bewährten Bauweisen nach dem Kriege auf dem Markt von Zeit zu Zeit neuartige Bauweisen erschienen, die vor ihrer allgemeinen Verwendung unter hygienischen Gesichtspunkten zu prüfen waren. Ein sehr großer Teil der allgemeinen Untersuchung von Baustoffen ist bautechnischer Art und diese mechanischen, physikalischen und chemischen Methoden werden hier nicht eingehender zu besprechen sein. Nur ausgesprochen hygienische oder für die hygienische Beurteilung besonders wichtige Methoden sollen im folgenden beschrieben werden.

I. Bestimmung des Porenvolums.

Zur Bestimmung des Porenvolums wird ein Stück des betreffenden Steines (etwa 5 cm Durchmesser) bei 100—120° getrocknet und dann gewogen (z g). Dann läßt man das Material wenigstens für 8 Tage in kaltem, destilliertem Wasser liegen oder kocht es etwa ½ Stunde lang im Wasser, bis sämtliche Luft in den Poren durch Wasser ersetzt worden ist. Nach Abkühlung des Steines im Wasser wird er oberflächlich abgetrocknet und wieder gewogen. Die Gewichtsdifferenz zwischen den beiden Wägungen, die x g sein möge, gibt das Gewicht des in die Poren eingedrungenen Wassers an und ist, da 1 g ∼ 1 ccm Wasser ist, gleich dem Volumen der Poren zu setzen.

Zur Bestimmung des Gesamtvolums desselben Steines läßt man ihn, nachdem er gegebenenfalls mit einer dünnen Firnis- oder Paraffinschicht überzogen worden ist, langsam vollständig in ein mit Wasser gefülltes Becherglas eintauchen, das vorher (gefüllt) auf einer Wage austariert wurde. Um nach dem Untertauchen des Steines die Wage wieder ins Gleichgewicht zu bekommen, müssen so viel Gewichte auf die andere Seite der Wage aufgelegt werden, wie das vom Stein verdrängte Wasservolumen ausmacht (y g).

Das Porenvolumen in Prozent berechnet sich nach der Formel

$$\frac{x}{y} \cdot 100.$$

Der Quotient $\frac{z}{y}$ gibt das spezifische Gewicht des Steines einschließlich Poren, die Beziehung $\frac{z}{y-z}$ das spezifische Gewicht des porenfrei gedachten Steines an.

II. Die Bestimmung der Schnelligkeit der Wasseraufnahme und Wasserabgabe.

Es soll die Steighöhe des in der Zeiteinheit kapillar gehobenen Wassers bestimmt werden. Zu diesem Zweck werden die ganzen Bausteine in eine flache Schale mit Wasser eingestellt und nach bestimmten Zeiten mit einem Maßstab die Höhe der Feuchtigkeitszone gemessen. Korff-Petersen ermittelte folgende Steighöhen für verschiedene Baustoffe (Tab. 8).

Tabelle 8.

	Steighöhe in Zentimeter nach:			
	$^1/_4$ Std.	$^1/_2$ Std.	$^3/_4$ Std.	$4^1/_2$ Std.
Kalksandstein	1,4	1,7	2,2	4,0
Zementstein	6,0	8,0	10,0	völlig durchtränkt
Schwemmstein	4,5	5,5	6,5	12,0
Ziegel gelb	9,0	13,0	16,0	völlig durchtränkt

Die Schnelligkeit der Wasserabgabe läßt sich dadurch ermitteln, daß die betreffenden durchfeuchteten Prüflinge einem konstanten trockenen Luftstrom exponiert werden und in gewissen Zeitabständen ihre Gewichtsverluste festgestellt werden.

Für die Austrocknung bei ruhender Luft und Zimmertemperatur bekam Korff-Petersen folgende Werte:

Tabelle 9.

Baustoffe	Gewicht		Nach Tagen:								
	trocken	völlig durchnäßt	1	3	4	6	7	14	17	20	28
Schwemmstein .	1800	2835	2620	2430	2354	2280	2205	1920	1880	1860	1845
Kalksandstein 1 .	2920	3350	3240	3075	3033	3020	3000	2962	1950	2945	2945
„ 2 .	3202	3765	3635	3450	3404	3390	3370	3312	3295	3285	3270
Ziegel 1 . . .	3165	3760	3640	3430	3351	3300	3255	3165	—	—	—
„ 2 . . .	3150	3705	3600	3420	3346	3290	3240	3150	3145	—	—
„ 3 . . .	3005	3650	3555	3445	3256	3185	3110	3020	3005	—	—
„ 4 . . .	2855	3460	3375	3195	3110	3035	2975	2855	—	—	—
Zementstein . .	4575	5309	5210	4990	4900	4820	4740	4625	4610	4600	4600
Lehmstein . .	4320	4995	—	4730	—	—	—	4360	4330	—	4320

III. Bestimmung der Luftdurchlässigkeit*).

Die Versuchsanordnung (Thielmann). Der zu untersuchende Stein wird in ein trichterförmiges Gefäß luftdicht eingesetzt (Dichtung mit

*) Die Abbildung der Versuchsanordnung ist in der Originalarbeit zu finden.

Plastilin und Wachskolophoniumkitt). Die eine Seite des Steines grenzt an die Außenluft, die andere Seite wird am besten einem Überdruck von 100 mm Wassersäule ausgesetzt, der mit Hilfe einer Stahlflasche erzeugt wird, in der sich Luft unter einem Druck von 100 — 150 Atmosphären befindet. Mit Hilfe des Druckreduzierventiles kann die Luft für beliebig lange Zeit mit dem gewünschten Druck entnommen werden. Von diesem Ventil aus geht die Luft durch eine Gasuhr und eine Trockenflasche zu dem Trichter. Die Trockenflasche enthält Chlorkalzium. Ihre Einschaltung ist nötig, um der Luft die aus der Gasuhr mitgerissene Feuchtigkeit vor dem Auftreffen auf den Versuchsstein zu entziehen. Zwischen der Trockenflasche und dem Trichter befindet sich ein Dreiwegehahn, der die Verbindung der Gasuhr mit einer Eichvorrichtung ermöglicht (s. unten). Unmittelbar vor dem Stein wird mit Hilfe des Wassermanometers und des Thermometers Druck und Temperatur der Luft gemessen. Diese Ablesungen sind für die Umrechnung des durchströmenden Luftvolumens auf Normalbedingungen von 0° C und 760 mm Quecksilberdruck erforderlich.

Zur Verhinderung zu großer Luftgeschwindigkeiten kann es nötig werden, die an die äußere Luft grenzende Seite der Steine so weit luftdicht abzukitten, daß nur eine Fläche von 10 × 10 cm freibleibt. Die Versuchsdauer beträgt im Durchschnitt 30 Minuten.

Bedeutet Q die durch den Stein hindurchgegangene Luftmenge (in Litern pro Stunde), d die Dicke des Probestückes in Metern, F die Oberfläche in Quadratmetern und p den Luftüberdruck in Millimetern Wassersäule, bzw. in Kilogramm pro Quadratmeter, so ist $Q = c \cdot \frac{p \cdot F}{d}$. Die Durchlässigkeitszahl c berechnet sich dann zu $\frac{d \cdot Q}{p \cdot F}$.

Nach Versuchen von Gosebruch und Thielmann besteht zwischen Überdruck und durchströmendem Volumen keine Proportionalität. Die Durchlässigkeit nimmt mit steigendem Überdruck verzögert zu. Dennoch können die nach dieser Formel für c berechneten Werte zu einer vergleichsweisen Beurteilung verschiedener Materialien verwertet werden. Die Bestimmung der Luftdurchlässigkeit kann bei verschiedenen Proben desselben Materials stark voneinander abweichende Werte ergeben. Jeder Versuch ist zur Kontrolle mehrere Male zu wiederholen und die erhaltenen Zahlen können nur als Grenzzahlen gewertet werden, zwischen denen die Durchlässigkeit schwankt.

Korff-Petersen prüfte, ob dieselben Zahlen für die Luftdurchlässigkeit erhalten werden, wenn statt verhältnismäßig dünner (d = 0,03 m) Platten, wie sie frühere Untersucher verwendet hatten, die Baustoffe in der Abmessung benutzt werden, die in der Praxis gebräuchlich ist. Es ergab sich, daß in der Tat eine Übereinstimmung zwischen den c-Werten besteht, die bei dünneren und dickeren Platten gleichen Materials gefunden wurden.

Bei Durchfeuchtung nimmt die Durchgängigkeit der Baustoffe für Luft ganz beträchtlich ab und kann, entsprechend der Füllung der Poren mit Wasser, bei Beton und Zement sogar bis auf 0 sinken.

Die Eichung der Gasuhr für den Versuch wird folgendermaßen vorgenommen: Ein Glasballon, der oben und unten je eine Marke trägt, die genau einen Raum von 1 l umschließen, hat unten zwei Hähne. Der eine führt in das Innere des Glasballons und steht außerdem mit dem Niveaugefäß durch eine Schlauchleitung in Verbindung. Der andere, ein Zweiwegehahn, bildet das untere Ende eines in den Ballon eingeschmolzenen Steig-

rohres und verbindet einerseits die Gasuhr durch das Steigrohr mit dem Ballonäußeren, andererseits gestattet er das Füllen des Ballons mit Wasser aus dem Niveaugefäß durch den ersten Hahn, indem der Zweiwegehahn, auf Luft gestellt, durch das Rohr Luft aus dem Ballon herausläßt.

Zur Eichung wird nun durch Heben des Niveaugefäßes der Glasballon gefüllt und durch Senken wieder entleert, wobei genau 1 l Luft durch die Gasuhr gesaugt wird. Durch entsprechende Ablesungen an der Gasuhr vor und nach dem Durchsaugen der Luft läßt sich eine eventuell notwendige Korrektionszahl für die Uhr bestimmen.

IV. Bestimmung der Durchlässigkeit von Baumaterialien für Luftschall.

Bei Untersuchungen über die Schalldämpfung durch Baumaterialien von M. Hahn und K. B. Eisenberg hat der letztere eine Methode zur Messung der Durchlässigkeit von Baumaterialien für Luftschall ausgearbeitet.

Mit Hilfe eines elektrischen Schwingungsgenerators werden Frequenzen von ca. 100—1500 Schwingungen erzeugt. Seine Energie wird einem Lautsprecher zugeführt, der sich in einem für Luft- und Leitungsschall undurchlässigen Raum von 1 cbm Inhalt befindet. Die Decke dieses Kastens ist variabel. Sie wird gebildet von den jeweils zu prüfenden Materialien, die in Form von Platten oder Verbänden fest aufgelegt werden. Der vom Lautsprecher erzeugte Ton kann meßbar verändert werden. Für jedes zu untersuchende Material kann man zwei Werte bestimmen: 1. die vollständige Absorption (Durchdringungsgrenze des Tones durch eine Platte, also diejenige Schallstärke, bei der der Ton in 1 m Entfernung hörbar bzw. unhörbar wird), 2. die Leitung (diejenige Schallstärke, bei der der Ton bei aufgedrücktem Schädel und Ohr nicht mehr auf den knöchernen Schädel übergeleitet wird).

Die Versuchseinzelheiten, insbesondere das Schaltungsschema des Schwingungsgenerators sowie das Tabellenmaterial über die Versuchsergebnisse müssen in der Originalarbeit (Ges.-Ing. 1928, Heft 3, S. 42 und Heft 7, S. 107) nachgesehen werden.

Die Untersuchungen von Eisenberg bestätigen zunächst frühere Ergebnisse von Ottenstein, nach welchen die Schalldurchlässigkeit von Baumaterialien in direktem Verhältnis zu ihrer Luftdurchlässigkeit steht; je größer die Luftdurchlässigkeit ist, um so größer wird auch die Schalldurchlässigkeit.

Recht interessant ist weiter die Feststellung, daß kein einziger der untersuchten Baustoffe eine erhebliche Schalldämpfung aufwies.

V. Wärmeleitfähigkeit.

Zur Ermittelung der Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen bedient man sich der von Poensgen angegebenen Apparatur. Dieselbe wird folgendermaßen verwendet:

Eine quadratische elektrische Heizplatte von der Größe 45×45 cm wird auf beiden Seiten ohne Luftfuge mit je einer Platte des zu untersuchenden Materials belegt und mit konstantem elektrischen Strom beschickt. Die Außenseiten dieser Probeplatten werden von je einer wasserdurchflossenen Kühlplatte bedeckt. Die vier seitlichen Flächen sind mit einem quadratischen Schutzring aus Isoliermaterial umgeben, der durch einen eigenen Heizring auf gleiche Temperatur mit den seitlichen Flächen der Probe-

körper gebracht wird. Die Temperaturen werden mit Thermoelementen gemessen (Kupfer-Konstanten). Die ganze Versuchszusammenstellung wird von einem gut isolierten Holzkasten umschlossen.

Die gesamte elektrische Heizenergie geht nun von der Heizplatte, und zwar je zur Hälfte, durch die beiden Versuchsplatten zu den Kühlkörpern über. Aus der Stärke der Versuchsplatten, ihren Dimensionen und der Temperaturdifferenz zwischen den Plattenoberflächen kann die Wärmeleitzahl unter Berücksichtigung des Heizstromes berechnet werden. Einzelheiten der Apparatur sind in der Arbeit von Knoblauch, Raisch und Reiher zu finden (Ges. Ing. 1920, Bd. 43, Heft 52).

VI. Bestimmung der spezifischen Wärme.

Nach Untersuchungen im Laboratorium für technische Physik ist die Bestimmung der spezifischen Wärme von Bau- und Isolierstoffen mit Hilfe des Eiskalorimeters durchführbar.

Der Grundgedanke des Eiskalorimeters beruht darauf, daß der Körper, dessen Wärmekapazität zu bestimmen ist, sich nach vorhergehender Erwärmung in einem Raume von konstanter Temperatur 0° abkühlt und dabei infolge seiner Wärmeabgabe eine bestimmbare Menge Eis zum Schmelzen bringt. Die vom Versuchskörper abgegebene Wärmemenge berechnet man mit Hilfe des Gewichtes des geschmolzenen Eises und seiner Schmelzwärme.

Zur Untersuchung werden zylindrische Versuchskörper verwendet von etwa 30 mm Durchmesser und 100 mm Länge.

Die genaue Versuchsanordnung und die zu beachtenden Vorschriften für die Benutzung des Kalorimeters, die Erhitzung der Prüflinge, die Eichung der Kapillare usw. müssen in der Originalarbeit von Kinoshita, Ges. Ing. 1916, Nr. 47, nachgelesen werden.

VII. Untersuchung auf Frostbeständigkeit.

Die Prüfung auf Frostbeständigkeit kommt für alle Baumaterialien in Frage, die im Freien der Frostwirkung ausgesetzt sein können (Ziegelsteine, Klinker, Dachziegel, Fußbodenplatten, Fensterklinker, Wandplatten usw.). Die Untersuchung geschieht in der Weise, daß die wassersatten Prüflinge mehrmals gefroren und wieder aufgetaut werden. Durch dieses mehrmalige Frieren kann Zermürbung und Abblätterung einsetzen, was eine Verminderung der Druck- und Biegefähigkeit zur Folge haben kann. Ziegelsteine sollen nach den Vereinbarungen über einheitliche Untersuchungsmethoden bei der Prüfung von Baumaterialien 25 mal einem 4stündigen Frost von — 12 bis — 15° C und jeweils darauffolgendem Auftauen durch 3stündigen Aufenthalt in Wasser von 20° ausgesetzt werden. Diese Prüfungen werden am besten in größeren darauf eingerichteten Materialienprüfungsämtern vorgenommen.

VIII. Prüfung auf Feuerbeständigkeit.

In Deutschland wird diese Prüfung an besonders erbauten Brandprobehäuschen durchgeführt. Der Brand soll wenigstens 3 Stunden lang eine Hitze von 800—1000° erzeugen. Nach Löschen des Brandes in der üblichen Weise wird auf Absplitterungen, Risse und Klang sowie auf Druck geprüft.

IX. Mechanische und chemische Prüfungen.

Diese Untersuchungen können zum größten Teile nur mit besonders konstruierten Apparaten durchgeführt werden (Zug- und Druckfestigkeit,

Biegefestigkeit usw.). Zur näheren Orientierung hierüber sei hier auf das Kapitel „Die Mörtelindustrie" von Gary in Lunge-Berls, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, Bd. II, verwiesen. Dieser Hinweis gilt besonders auch für die Untersuchung der natürlichen und künstlichen Mörtel und Zemente.

Bei den Mörteln unterscheidet man Luftmörtel, die nur an der Luft erhärten (Lehm-, Gips-, Kalkmörtel) und hydraulische (Wasser-) Mörtel, die auch im Wasser erhärten. Hierher gehören die Puzzolanzemente, Zementkalke, Romanzemente und Portlandzemente. Einen Überblick über die chemische Zusammensetzung der gebräuchlichsten Mörtel und Zemente gibt die folgende Tabelle (Tab. 10).

Tabelle 10.

Zusammensetzung von Mörtel und Zementen.

	Luftmörtel, trocken	Puzzolan	Hydraul. Kalk von Hausbergen	Roman-Zement v. Vassy	Chaux du Theil	Portland-Zement	
						Stern	Stettin
CaO	12,76	8,8	68,56	55,69	74,64	61,64	61,74
MgO	—	4,7	2,09	1,12	—	—	2,25
Al_2O_3	1,61	15,0	5,84	8,88	1,12	6,17	6,17
Fe_2O_3		12,0	6,32	12,47	1,28	2,13	0,45
SiO_2	86,51	44,5	17,18	21,82	25,95	23,00	25,63
Alkali	—	5,2	—	—	—	—	—
Wasser	—	9,2	—	—	—	—	—
CO_2	—	—	—	—	—	1,28	1,13
Gips	—	—	—	—	—	1,52	1,64

X. Bestimmung der Mörtelfeuchtigkeit.

Für den Hygieniker bedeutsam kann die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Bausteine werden, während sie in der Mauer eingefügt sind. Das Verfahren ist besonders wichtig für die Prüfung von Neubauten.

Das Festwerden des Mörtels in einer neu gemauerten Wand vollzieht sich bekanntlich in zwei Phasen. Die erste Phase ist die rein mechanische Erscheinung des Austrocknens. Die zweite Phase, während der der Kalkmörtel allmählich fest wird, verläuft unter der fortschreitenden Umwandlung des Kalkhydrates in kohlensaurem Kalk durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft. Hierdurch bekommt erst der Mörtel seine Festigkeit und seine Widerstandsfähigkeit gegen den lösenden Einfluß von Regenwasser.

Zur Entnahme von Untersuchungsmaterial kratzt man von dem Bewurf der Innenwand eine Probe ab oder entnimmt aus den Fugen zwischen den Steinen mit einer besonders konstruierten Stanze oder mit einem Hohlmeißel eine kleine Portion von etwa 10—25 g. Nach sorgfältigem Mischen und Entfernen kleinerer Steinchen wird pulverisiert und der Wassergehalt nach einer der folgenden Methoden bestimmt. Wichtig ist die zweckmäßige Auswahl der Entnahmestellen. Man soll die Proben an etwa 4—5 verschiedenen Stellen entnehmen und sich hierbei von besonderen Anzeichen leiten lassen (Außenmauern, Wetterseite). Dunkle Flecke, Mauersalpeter, Tapetenwölbung, Schimmelpilze usw. sind bemerkenswerte Hinweise. Recht zweckmäßig ist auch die Anheftung von Gelatinefolie, die sich bekanntlich an feuchten Stellen krümmt.

1. Gravimetrische Methode (s. Fig. 10) nach Lehmann-Nußbaum.

Ein geräumiges, gewogenes Kupferschiffchen (s. Fig. 10 A) wird mit etwa 10 g Mörtel gefüllt und gewogen (Wägegläschen). Sodann wird das Schiffchen in eine Verbrennungsröhre aus schwer schmelzbarem Glase gebracht (s. Fig. 10 B). Das Verbrennungsrohr selbst liegt in einem weiten Zylinder aus Eisenblech, der an einem Stativ aufgehängt werden kann. Durch Unterstellen von einem oder zwei Bunsenbrennern wird die Temperatur in dem Metallzylinder auf 100—105° konstant gehalten (Thermometer!). Während des Versuches wird durch das eigentliche Verbrennungsrohr mit Hilfe eines bei *a* befindlichen Aspirators ein Luftstrom geleitet, der vor seinem Eintritt bei *b* durch folgende Vorlagen gehen muß: 1. Peligotröhrchen mit konzentrierter Natronlauge, 2. hoher Waschzylinder mit Natronbimsstein, 3. Peligotröhrchen mit konzentrierter Schwefelsäure, 4. hohes Gefäß mit Schwefelsäurebimsstein. Die durchzusaugende Luft muß also völlig kohlensäure- und wasserfrei sein.

Nach ½—1 Stunde pflegt der Mörtel getrocknet zu sein. Sodann im Luftstrom erkalten lassen und wägen (Prüfung auf Gewichtskonstanz durch abermalige Erhitzung).

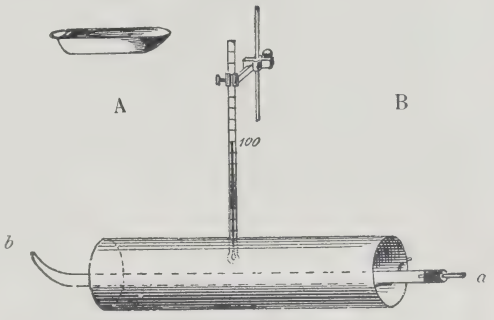


Fig. 10. Apparat zur Mörtelanalyse. Aus Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene 1901 (Bergmann, München).

2. Methode nach Emmerich-Trautwein (Arch. f. Hyg. 1915, 84, S. 286).

Es handelt sich bei dieser Apparatur um einen besonders konstruierten Vakuumtrockenschrank, der leicht bedient werden kann, ohne daß besondere Laboratoriumseinrichtungen nötig wären.

Die Genauigkeit der Bestimmung ist sehr groß; die Versuchsdauer beträgt in der Regel nur 10—20 Minuten.

Einfache Handhabung, größtmögliche Genauigkeit und Sicherheit machen die Methode nach Ansicht von Trautwein besonders für solche Untersuchungen geeignet, deren Ergebnisse eventuell unter Eid abgegeben werden müssen.

Die Abbildung und die genaue Beschreibung der Apparatur ist in der zitierten Arbeit zu finden.

Herstellerin ist die Fabrik chemischer Apparate Rebnitz-München, Gabelsbergerstr. 60.

Die Handhabung der Vorrichtung ist folgende: In einer tarierten Nickelschale werden 25—40 g des zu untersuchenden und vorher verkleinerten Mörtels abgewogen und in den Vakuumapparat gebracht, der aus einem runden Aluminiumgefäß von 8,5 cm Durchmesser und 2 cm Höhe besteht. Das Gefäß wird hierauf mit der Platte und den Klemmschrauben geschlossen und das Ventil auf das Gummiplättchen gelegt. Das Röhrchen wird mittels eines Gummischlauches an eine Wasserstrahlpumpe angeschlossen und das ganze Gefäß bis zum Rande in ein vorher angeheiztes Wasserbad gehängt. Nun geht im Apparat, ohne daß mit Kohlen-

säure beladene Luft hinzukommt, die Trocknung des Mörtels vor sich. An einer Glasröhre, die man zwischen Pumpe und Apparat einschaltet, kann die Kondensation der abziehenden Wasserdämpfe beobachtet werden. Zur Beschleunigung des Prozesses ist es vorteilhaft, von Zeit zu Zeit die Glasröhre zu flambieren. Wenn die Betauung der Glasröhre verschwindet, ist der Mörtel vollkommen getrocknet. Nachdem der Schlauch zur Pumpe abgeklemmt ist, wird der Apparat aus dem Wasser genommen und das oben erwähnte Gummiplättchen vom Ventil abgezogen, so daß Druckausgleich eintritt. Der Apparat wird dann geöffnet und die Schalen in einen Exsikkator gebracht. Nach dem Erkalten werden sie gewogen. Es ist nicht notwendig, die durch das Ventil eintretende Luft durch eine Vorlage von Natronlauge und Chlorkalzium von Kohlensäure bzw. Wasserdampf zu befreien, da die geringe Menge der eintretenden Luft in der kurzen Zeit eine meßbare Veränderung des Mörtels nicht hervorzubringen vermag.

Um zu verhindern, daß in dem senkrechten Schenkel des Röhrchens und im Ventilgange sich kondensierender Wasserdampf in das Nickelschälchen abtropft, sind unter beiden Armaturen Kondenswassernäpfchen angebracht; ferner ist es gut, um allen Eventualitäten zu begegnen, das Nickelschälchen mit einem durchbohrten Blechdeckel zu bedecken.

3. Manometrische Methode nach Korff-Petersen.

Die für die Bestimmung notwendige Apparatur besteht in einer starkwandigen Glasflasche von etwa 500 ccm Inhalt. Auf die Flasche wird ein mit einem Manometer versehener Gummistopfen mit Hilfe eines Patentverschlusses luftdicht aufgesetzt. Das Manometer ist für Drucke von 0—1 Atmosphäre eingerichtet und läßt auf einem Zifferblatte die Hundertteile des Wassergehaltes, in $^1/_{10}$ eingeteilt, ablesen.

Es werden etwa 15 g Mörtel in einer Reibschale zerrieben und in die Flasche gebracht. Dazu wird fein gepulvertes Kalziumkarbid gegeben (etwa 2 g), das in einer dünnwandigen Glasampulle eingeschmolzen ist (D). Nach Aufsetzen des Manometers und sorgfältigem Verschließen der Flasche wird das Karbidröhrchen durch heftiges Schütteln zerschlagen. Sodann kräftiges Mischen von Mörtel und Karbid und Beobachten des Manometerzeigers. Wenn der Zeiger trotz Schüttelns nicht mehr steigt, einige Minuten ruhig stehen lassen und dann ablesen. Die Angaben stimmen nur für eine Lufttemperatur von 17°. Bei Temperaturabweichung muß die Flasche vor dem Ablesen in Wasser von 17° eingestellt werden. (Vgl. auch die neuere, aber umständlichere Methode von Jakowenko, Zeitschr. f. Nahrungs- u. Genußm. 1925, Bd. 49, S. 360. Diese Methode gibt nicht nur die Möglichkeit der Wasserbestimmung eines Körpers, sondern auch Aufschluß über den Charakter der Verbindung des Wassers mit diesem Körper).

4. Alkoholmethode nach Markl.

Etwa 25 g Mörtel werden mit 150 ccm starken Alkohols bekannten Wassergehaltes (spez. Gewicht!) längere Zeit geschüttelt. Nach Absitzen des Mörtels wird filtriert und erneut der Wassergehalt im Alkohol bestimmt. Die Zunahme des Wassergehaltes entspricht dem Wassergehalt des Mörtels und wird auf 100 g berechnet.

Bei der Bestimmung der spezifischen Gewichte des Alkohols sind die auf den Senkspindeln angegebenen Temperaturen genau zu berücksichtigen. Die Methode erfordert große Aufmerksamkeit und viel Zeit. Besonders bietet die Innehaltung der richtigen Temperatur mitunter eine erhebliche

Schwierigkeit, weil sich der Alkohol durch Wasseraufnahme ziemlich stark erwärmt. Fehler gegenüber der gravimetrischen Methode etwa 0,5—0,8%.

5. Methode nach Ballner.

Gewogene Mörtelmengen sind in einem kleinen Exsikkator über Phosphorsäureanhydrid zu trocknen. Feststellung des Gewichtsverlustes nach 24 bzw. 48 Stunden. Zu dem gefundenen Wert sind 0,2% Wasser hinzuzurechnen, da Phosphorsäureanhydrid nicht alles Wasser entzieht.

Die Methoden nach Markl und Ballner liefern für die Praxis hinreichend genaue Werte. Die Methode Korff-Petersen hat den Vorzug, daß sie ohne Rechnung, mit meist ausreichender Genauigkeit, in verhältnismäßig kurzer Zeit den Wassergehalt direkt ablesbar ergibt.

Die Beurteilung der Ergebnisse praktischer Untersuchungen ist außerordentlich schwierig. Es ist unmöglich, allgemein gültige Grenzzahlen anzugeben, da die Abhängigkeit der Bestimmungen von Klima, Jahreszeit, Baumaterial usw. zu groß ist. Anhaltspunkte geben die Feststellungen, daß in älteren, trockenen Häusern die Mörtelfeuchtigkeit 0,4—0,5% beträgt. Lehmann und Nußbaum sehen 1% Feuchtigkeit im allgemeinen als zulässige Grenzzahl an. Sie gehen aber auch bis auf 1,5 und sogar 2% hinauf bei rationell funktionierenden Heizungs- und Lüftungsanlagen unter Aufnahme einer Benutzung derselben.

Mörtelfeuchtigkeitswerte von 4—5% sind auf alle Fälle zu beanstanden.

Schwarz warnt vor Überschätzung des Wertes dieser Bestimmungen allein und hält mit Recht ihre Auswertung nur im Verein mit örtlicher Besichtigung für möglich*).

Anhang.

1. Bestimmung der Wärmeableitung von Fußböden.

Die Versuchsanordnung ist von Eichbauer ausgearbeitet worden, und ihr Prinzip besteht darin, die Abkühlung eines, an allen Seiten außer an der Bodenfläche gut wärmeisolierten, elektrisch geheizten Metallblocks zu ermitteln, der auf den zu messenden Fußboden aufgesetzt wird. Die Beheizung des Blockes ist so eingestellt, daß seine Temperatur, wenn seine Bodenfläche an die freie Luft grenzt, dauernd 40° C beträgt.

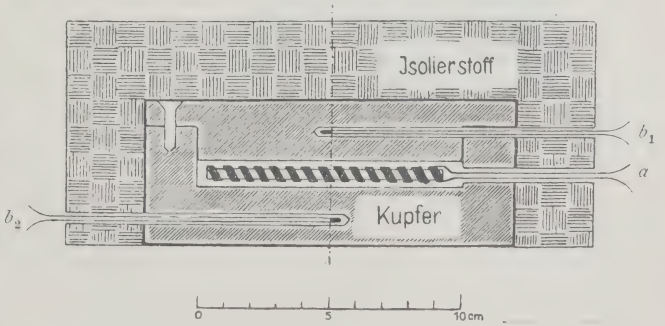


Fig. 11.

Ein etwa 7 kg schwerer Kupferblock (s. Fig. 11) besitzt die elektrische Heizung a und 2

*) Zur Bestimmung des Gehaltes an Calciumhydroxyd ($Ca(OH)_2$) gibt K. B. Lehmann die folgende Methode an, die nach seinen Untersuchungen am praktischsten sein soll:

In einem Kolben von ca. 120 ccm Inhalt gibt man 100 ccm Aqua dest., erhitzt einige Minuten zum schwachen Sieden, um die Kohlensäure auszutreiben, gibt dann

Kupfer-Konstantanthermoelemente b_1 und b_2. Außer an der Bodenfläche ist der Metallklotz gut wärmeisoliert. Zur Regulierung der Heizung wird der Apparat an einer Drahtschlinge so aufgehängt, daß seine Bodenfläche an die freie Luft grenzt. Nach Erreichung von 40° Temperatur wird der Heizstrom so reguliert, daß nur noch die Wärmeabgabe gedeckt wird, die zur Einhaltung der konstanten Temperatur von 40° benötigt wird. Nachdem der Apparat auf den zu untersuchenden Fußboden aufgesetzt worden ist, wird ½ Stunde lang erst jede, dann alle 2 Minuten die Temperatur des Kupferblocks gemessen.

Um eine Ablesung des eingetretenen Dauerzustandes vornehmen zu können, wird der Apparat bei fortdauernder Heizung für 15—20 Stunden auf dem Fußboden stehen gelassen (Ges. Ing. 1912, 48).

Fig. 12. Sonnenbeleuchtungsapparat nach Prausnitz-Benndorf. Aus Handbuch Gruber, Rubner u. Fickler II, 1. Hirzel, Leipzig.

2. Bestimmung der Besonnungsverhältnisse eines Hauses.

In Fig. 12 ist der Sonnenbeleuchtungsapparat nach Praußnitz-Benndorf zur Ermittlung der Besonnung an Modellen wiedergegeben. Das als kleines Modell hergestellte Haus (Häuserkomplex) wird auf den Tisch des Apparates gestellt. Durch Verschiebung der elektrischen Birne kann die Sonnenhöhe, den verschiedenen Tagen entsprechend, eingestellt werden. Den Sonnenlauf während des Tages selbst zu den verschiedenen Stunden zu verfolgen, ist durch den schräg liegenden Führungskreis möglich, in welchem sich der Höhenbügel dreht.

Mit Hilfe dieses Apparates kann man sofort feststellen, wie sich die Besonnung des Objektes zu bestimmten Tagesstunden in den verschiedenen Jahreszeiten gestaltet. Abgesehen von der Beobachtung der Besonnung der Hauswände ist auch die Durchsonnung der Straßen, Höfe usw. festzustellen.

---

rasch abgewogene Mörtelmengen (von frischem Mörtel ca. 1 g, von altem 3—10 g) hinzu und verschließt mit einem Gummipfropf. Nach 24—48^h, während welcher Zeit man den erkalteten Kolbeninhalt öfters umgeschüttelt hat, pipettiert man zweimal 25 ccm von der klar über dem Ungelösten stehenden Flüssigkeit ab und titrirt unter Rosolsäurezusatz mit $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure; jeder Kubikzentimeter entspricht 3,69 mg $Ca(OH)_2$. Da 100 ccm Wasser 3,5 mg $CaCO_3$ auflösen, so findet man, genau genommen, stets 2,6 mg $Ca(OH)_2$ zu viel. —

3. Bestimmung der Dichtigkeit der Bebauung (Planimeter).

Die Ermittlung der Dichtigkeit der Bebauung eines bestimmten Gebietes läßt sich rasch und sicher mit Hilfe des Planimeters ausführen. Auf einem genauen Plan, der das betreffende Wohngebiet umfaßt, werden mit diesem Instrument die Flächen aller Häuser umfahren und damit direkt ihr Gesamtflächeninhalt bestimmt.

Da diese Art der Flächenbestimmung auch noch für andere Gebiete das Interesse des Hygienikers beanspruchen kann (z. B. Ausmessung von Temperatur und Feuchtigkeitskurven registrierender Apparate für vergleichende Heizverusche u. dgl.) erscheint die Beschreibung des Planimeters angezeigt (s. Fig. 13). Beim Gebrauch des Instruments verschiebt man den Stab *A* in der Hülse *H* so, daß eine der Marken mit dem bei der Kante *J* befindlichen Indexstrich eine gerade Linie bildet. Um den Inhalt einer beliebigen Fläche zu bestimmen, wird das Instrument so aufgestellt, wie es die Abbildung zeigt. Im allgemeinen muß sich die Nadelspitze *E* rechts von dem Fahrstift *F* befinden, und zwar außerhalb der zu umführenden Figur, so daß die Zahlen von *D* und *G* bequem abgelesen werden können. Es ist gleichgültig, an welchem bestimmten Ort sie sich befindet, wenn nur mit dem Fahrstift *F* jeder Punkt des Umfangs der Figur bequem erreichbar ist. Die Spitze *E* wird sanft gegen das Papier

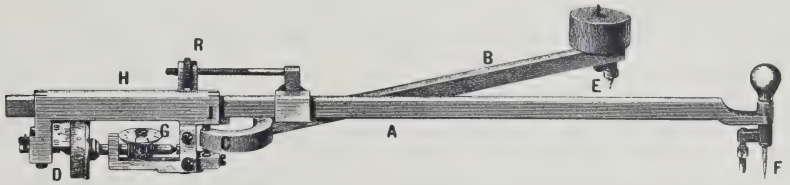


Fig. 13.

gedrückt und mit dem Gewicht *L* beschwert. Dann wird der Fahrstift *F* auf irgendeine markierte Linie *P* des Umfangs der Figur aufgesetzt und die 4 Zahlen notiert, welche sich aus dem Stande der Rolle *D* und des Zählscheibchens *G* ergeben. Steht z. B. der Index der Scheibe *G* zwischen 2 und 3 und zeigt die Rolle mittels Nonius die Zahl 576 an, so wird die Zahl 2576 notiert. Sodann wird mit dem Fahrstift der Umfang der Figur im Sinne des Uhrzeigers möglichst genau umfahren, bis zum Ausgangspunkt P. Die jetzt erfolgte Ablesung ergebe die Zahl 4189. Die Differenz zur ersten Ablesung, die im Beispiel also 1613 beträgt, ist mit 10 zu multiplizieren. 16130 wäre dann der Flächeninhalt in Quadratmillimeter der dem Beispiel zugrunde gelegten Fläche.

E. Wohnungsstatistik.

Die Wohnungsstatistik hat heute andere Aufgaben zu lösen als in der Vorkriegszeit. Früher handelte es sich im wesentlichen nur darum, die Zahl der benutzten Wohnungen auf der einen, die Zahl der leerstehenden auf der anderen Seite festzustellen; und die normale Bautätigkeit sorgte dafür, daß stets eine den Anforderungen im großen und ganzen genügende Zahl an leerstehenden Wohnungen vorhanden war. Heute haben sich die Wohnungsverhältnisse gänzlich geändert und die Aufgaben der Statistik sind in umfangreichem Maße gewachsen. Neue Methoden mußten ausgearbeitet und neue Begriffe geprägt werden, bzw. alte Begriffe erhielten eine neue

Bedeutung. Um ein Beispiel anzuführen: Wenn man vor dem Kriege berechtigt war, Wohnungen = Haushaltungen = Familien zu setzen, so trifft das heute nicht mehr zu, weil eine Wohnung mehrere Haushaltungen und eine Haushaltung mehrere Familien umfassen kann. So hatte sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß die Frage der Behausung der Bevölkerung in weitgehendem Maße der öffentlichen Regelung bedürfe und an Versuchen, eine solche herbeizuführen, hatte es nicht gefehlt. Doch waren noch zahlreiche Schwierigkeiten zu überwinden. Diese lagen teils in der Kompliziertheit des Themas überhaupt, teils in den besonderen örtlichen Zuständen. „Kaum auf einem anderen Gebiete aber spielen örtliche Verschiedenheiten eine so große Rolle als auf dem des Wohnungswesens. Klima, Wohlhabenheit, Kulturstand, berufliche Gliederung der Bevölkerung, Verteilung des Grundes und Bodens, in erheblichem Maße auch Sitte und Gewohnheit mit ihren bedeutsamen Unterschieden in den an die Wohnung gestellten Ansprüchen schufen Besonderheiten, die nur die örtliche Feststellung gebührend berücksichtigen kann. Letzteres war aber gemeinhin besonders deshalb vonnöten, weil die Feststellung der Wohnungsverhältnisse nicht so sehr wie andere statistische Erhebungen die Kenntnis eines bestehenden Zustandes ermitteln als vielmehr die Grundlage für verwaltungspraktische Maßnahmen auf dem Gebiete des Wohnungswesens schaffen sollte“ (Warnack).

Schließlich gelang es dem Verbande deutscher Städtestatistiker durch Verhandlungen mit den entsprechenden Behörden des Reiches und der Länder bestimmte Methoden auszuarbeiten und auf der Konferenz im Frühjahr 1925 vorzulegen, die für die Wohnungszählung deutscher Städte im Jahre 1925, sowie für die Reichswohnungszählung 1927 im wesentlichen maßgebend geworden sind. Im folgenden seien zunächst die einer Wohnungsstatistik zugrunde liegenden Begriffe für die wichtigsten Erhebungsgegenstände wiedergegeben:

1. Besiedelungsdichtigkeit und Behausungsziffer. Es ist ein Kennzeichen der Großstädte im Gegensatz zu den Kleinstädten und Dörfern, daß eine möglichst starke Häufung der Bewohner auf dem gegebenen Raum vorhanden ist. Die Bodenfläche wird viel stärker als Baugrund herangezogen. Das dazu nicht ausgenutzte Terrain wird vorzugsweise für gepflasterte Straßen verwendet, weniger für freie Plätze und Gärten. Der Baugrund wird wiederum möglichst stark durch zahlreiche Stockwerke und bedeutenden Umfang der Häuser für Wohnungen ausgenutzt. Das dadurch ermöglichte Zusammendrängen der Bevölkerung auf der Bodenfläche kommt in der Besiedelungsdichtigkeit zum Ausdruck, die die Zahl der Bewohner pro Hektar bebauter Fläche angibt. Dagegen sucht die

Beschaffenheit der großstädtischen Wohnungen usw.

	Auf 1 ha entfielen Bewohner 1905	Auf 1 Gebäude Einwohner (Behausungsziffer) 1905
Berlin	723	77,5
Charlottenburg	460	64,8
Königsberg	299	30,3
Breslau	414	52,0
Stettin	331	37,8
Hannover	271	21,0
Köln	318	16,4
Frankfurt a. M.	275	18,8

Behausungsziffer die Zahl der Bewohner pro Haus auf dem einzelnen Grundstück zu ermitteln. Folgende Tabelle, die Flügges „Großstadtwohnungen und Kleinhaussiedelungen" entnommen ist, gibt dafür ein Beispiel.

2. Wohndichtigkeit. Die Wohndichtigkeit gibt weiterhin die Zahl der Bewohner und Haushaltungen in den einzelnen Wohnungen an. Zu ihrer Ermittelung ist es notwendig, die Größe der Wohnungen festzustellen, und wieviel Wohnraum dem einzelnen Bewohner zur Verfügung steht. Das führt bereits zu den übrigen Begriffen über, die für die Wohnungsstatistik im engeren Sinne maßgebend sind.

3. Wohnung. Es wird unterschieden zwischen selbständigen und nichtselbständigen Wohnungen. Als selbständige Mietwohnungen haben bei der Zählung alle Wohnungen zu gelten, deren Miete an den Hauseigentümer gezahlt wird. Außerdem werden in entsprechender Weise auch die Eigentümerwohnungen, die Dienstwohnungen und die Freiwohnungen als selbständige Wohnungen mitgerechnet. Nicht als selbständige Wohnungen werden die Untermieterwohnungen betrachtet. Das sind die Wohnungen, deren Miete nicht an den Hauseigentümer, sondern an einen Mieter als Hauptmieter gezahlt werden. Diese Untermieterwohnungen gelten also als Bestandteile der Wohnung des Hauptmieters; sie haben Wohnungen von Haushaltungen (s. unten Ziff. 2) zu sein. In Anstalten aller Art werden die Aufenthaltsräume der Anstaltsinsassen nicht als Wohnungen betrachtet, sondern nur die in den Anstalten befindlichen Wohnungen ihrer Leiter, Beamten, Angestellten usw.

4. Haushaltung. Als Haushaltungen gelten die zu einer wohn- und hauswirtschaftlichen Gemeinschaft vereinigten Personen einschließlich der Zimmerabmieter ohne eigene Hauswirtschaft, der Schlafgänger und der aus anderen Gründen in der Haushaltung befindlichen Personen. Auch einzellebende Personen, die eine besondere Wohnung haben und eine eigene Hauswirtschaft führen, gelten als Haushaltungen (Einzelhaushaltungen). Ebenso sind Familien, die eine eigene Hauswirtschaft führen, als Haushaltungen zu rechnen, auch wenn sie keine getrennte Wohnung haben. Die eigentlichen Anstaltshaushaltungen bleiben außer Betracht; dagegen werden die bei den Anstalten befindlichen Haushaltungen der Leiter, Beamten, Angestellten usw. unter die Haushaltungen eingerechnet.

5. Familien. Als Familien gelten Gemeinschaften von mindestens 2 oder mehr durch Familienbande verknüpfte Personen, also z. B. Ehegatten oder Eltern mit ihren Kindern, wobei im letzteren Falle der Begriff der Familie dadurch nicht zerstört wird, daß der eine oder andere Eheteil durch Tod oder Scheidung aus der Familie ausgeschieden ist. Es sind dabei auch die bei einer Familie lebenden Verwandten des Ehemannes oder der Ehefrau als eigene Familie zu behandeln, wenn es sich um ein Ehepaar oder mindestens einen Eheteil mit Kind handelt; dagegen sind alleinstehende Verwandte der Familie zuzuzählen, in der sie sich befinden.

6. Wohnraum. Als Wohnräume gelten nur Räume mit Fenstern ins Freie, und zwar insbesondere heizbare und nicht heizbare Zimmer, Küchen, Mädchenkammern, zu Wohn- (Schlaf-) Zwecken benutzte Mansarden- oder Baderäume. Nicht als Wohnräume werden alle übrigen Mansarden und Baderäume, Alkoven, Hängeböden, Speisekammern, Korridore usw. angesehen. Wenn zwei Wohnungen eine Küche gemeinsam benutzen, ist die Küche nur einmal, und zwar bei der Wohnung zu zählen, zu der sie hauptsächlich gehört.

7. Kleinwohnungen, mittlere und größere Wohnungen. Als „Kleinwohnungen" sind sämtliche Wohnungen bis zu 4 Wohnräumen einschließlich (nach anderen bis zu 3 Räumen einschließlich) zu betrachten, als „mittlere" Wohnungen die mit 5 und 6 Wohnräumen, als „größere" Wohnungen die mit 7 und mehr Wohnräumen. Die Küchen sind hier als Wohnräume zu rechnen.

8. Wohnungsbelegung. Als überfüllt sind alle die Wohnungen zu betrachten, bei denen durchschnittlich auf einen Wohnraum (die Küche ebenfalls als Wohnraum eingerechnet) mehr als 2 Personen entfallen. Belegungsstärke der Wohnungen nach Morgenroth:

Belegungsgrade der Wohnungen	Auf einen Wohnraum (die Küche eingeschlossen) entfallen durchschnittl. Bewohner
A. Übermäßig schwache Belegung.	
Wohnungsverschwendung	bis zu $^1/_4$
B. Schwache Belegung (nach drei Graden der Belegungsstärke).	
I. Sehr reichliche Raumverhältnisse	mehr als $^1/_4$ bis $^1/_2$
II. Reichliche Raumverhältnisse	„ „ $^1/_2$ „ $^3/_4$
III. Recht gute Raumverhältnisse	„ „ $^3/_4$ „ 1
C. Mäßige Belegung (nach zwei Graden der Belegungsstärke).	
I. Gute Raumverhältnisse	„ „ 1 „ $1^1/_2$
II. Noch genügende Raumverhältnisse	„ „ $1^1/_2$ „ 2
D. Starke Belegung (Wohnungsüberfüllung nach drei Graden der Belegungsstärke).	
I. Wenig zulängliche Raumverhältnisse	„ „ 2 „ $2^1/_2$
II. Unzulängliche Raumverhältnisse	„ „ $2^1/_2$ „ 3
III. Sehr unzulängliche Raumverhältnisse	„ „ 3 „ 4
E. Übermäßig starke Belegung	
Ärgste Wohnungsüberfüllung	„ „ 4

Als Grundlage für die technische Durchführung der Wohnungszählung dienen eine „Grundstücksliste" und eine „Wohnungskarte" (s. Anlage 1 und 2). Die Grundstücksliste ist von jedem Eigentümer eines Grundstücks, die Wohnungskarte von jedem Hauptinhaber einer selbständigen Wohnung auszufüllen. Die Grundstücksliste dient in erster Linie der Feststellung der äußerlichen Verhältnisse zum Haus und enthält Fragen über die Lage der Wohnungen im Hause (Vorderhaus, Hinterhaus), über die Zugehörigkeit gewerblicher Räume zur Wohnung u. a. m. Auf der Wohnungskarte wird neben Zahl und Art sämtlicher Räume der Wohnung insbesondere die Zahl der Bewohner, und zwar einschließlich der etwa als Untermieter aufgenommenen Familien oder Einzelpersonen erfragt. Diese Angaben bilden die Grundlage für die Feststellung der Haushaltungen und Familien ohne selbständige Wohnung.

Die unmittelbare Ausführung der Zählung erfolgt durch die Gemeindebehörden. Mit der Aufbereitung des Zählmaterials sind die statistischen Landesämter betraut. Die anschließende Feststellung, Verarbeitung und Veröffentlichung der Reichsergebnisse obliegt dem statistischen Reichsamt.

Zählbezirk: .....

Anlage 1.

Drucksache Nr. 1

Wohnungszählung im Deutschen Reich am 16. Mai 1927

Grundstücksliste Nr. ..... (Liste für bebaute Grundstücke)

Land: Preußen Kreis: .....

Gemeinde: ..... Straße (Platz): ..... Nr. .....

Um Unterlagen für die Wohnungspolitik von Reich, Ländern und Gemeinden zu gewinnen, ist durch Reichsgesetz vom 2. März 1927 (Reichsgesetzbl. I, S. 69) eine Wohnungszählung angeordnet worden. Die Grundstückseigentümer bzw. ihre Vertreter und die Wohnungsinhaber sind nach § 3 des Gesetzes verpflichtet, die erforderlichen Angaben zu machen. Wer die Fragen wissentlich wahrheitswidrig beantwortet oder sich weigert, die vorgeschriebenen Angaben zu machen, wird mit Geldstrafe bis zu 10000 RM. bestraft.

Über die bei der Zählung gewonnenen Angaben über die einzelnen Grundstücke und die einzelnen Wohnungen ist das Amtsgeheimnis zu wahren.

Die Angaben werden nur zu statistischen Zusammenstellungen, nicht zu anderen Zwecken, insbesondere nicht zu Zwecken der Steuerbehörden oder Wohnungsämter benutzt (§ 3 des Gesetzes).

Die Grundstücksliste ist von allen Grundstückseigentümern (oder deren Vertretern), auf deren Grundstück sich Gebäude befinden, nach dem Stande vom 16. Mai 1927 auszufüllen.

Auch für Grundstücke mit gewerblich benutzten Gebäuden, Geschäftshäusern, Fabrikgebäuden, Gasthäusern, Anstalten, Amtsgebäuden usw. ist eine Grundstücksliste auszufüllen, ebenso für Grundstücke mit Baulichkeiten untergeordneter Art, wie Baracken, Wohnlauben usw., für letztere aber nur, wenn sie bewohnt sind. Ausgenommen bleiben Grundstücke mit unvollendeten Bauten, falls sie vollständig unbewohnt sind.

Für jedes bebaute Grundstück ist eine besondere Grundstücksliste auszufüllen!

1. Eigentümer des Grundstücks

Vor- und Zuname des (der) Eigentümer(s)	Beruf	Wohnort (bei juristischen Personen Sitz), Straße und Hausnummer	Staatsangehörigkeit	Hat der Eigentümer das Grundstück nach dem 1. Juli 1918 erworben? (Ja oder nein)
1	2	3	4	5
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....

2. Verzeichnis der auf dem Grundstück befindlichen Gebäude

a) Als Gebäude ist jedes freistehende oder durch Brandmauer von dem nebenstehenden Gebäude getrennte Bauwerk zu zählen. Bei Doppel-, Gruppen- oder Reihenhäusern ist jedes einzelne, von den anderen durch eine vom Dach bis zum Keller reichende Trennungswand geschiedene Bauwerk als selbständiges Gebäude zu betrachten.

b) Als selbständige Wohnungen sind zu zählen:
ein Wohnraum oder eine Reihe von Wohnräumen, für die ein selbständiger Mietvertrag mit dem Hauseigentümer besteht; ebenso
Eigentümer-, Hausverwalter-, Dienst- und Freiwohnungen;
in zur Zeit unbewohnten Gebäuden oder Gebäudeteilen ein Wohnraum oder eine Reihe von Wohnräumen, für die in der Regel ein selbständiger Mietvertrag abgeschlossen wird.
Falls es sich um mehrere Räume handelt, ist es gleichgültig, ob die Räume zusammenhängen, nicht zusammenhängen oder über mehrere Stockwerke verteilt sind.

Als selbständige Wohnungen sind nicht zu zählen die von Untermietern bewohnten Räume, also nicht:

Wohnräume von selbständigen Haushaltungen oder Familien, die entweder als Mitbewohner unentgeltlich aufgenommen sind, oder die als Untermieter die Miete nicht an den Hauseigentümer, sondern an den Hauptmieter zahlen; ebenso nicht

innerhalb der Wohnung des Hauseigentümers gelegene Wohnräume, die vermietet oder unentgeltlich abgegeben sind, auch wenn hierfür ein selbständiger Mietvertrag mit dem Hauseigentümer besteht.

Lfde. Nr. der Gebäude	Straßenlage der Gebäude (ob Vorder-, Hinter-, Seitengebäude usw.)	Hauptsächliche Bestimmung oder Art der Gebäude (ob Wohn-, Geschäfts-, Fabrikgebäude, Baracke, Wohnlaube, Stallgebäude usw.)	Ist das Gebäude nach dem 1. Juli 1918 errichtet? (Ja oder nein)	Stockwerkzahl (ausschließlich Keller und Dachgeschoß)	Anzahl der selbständigen Wohnungen im Gebäude
1	2	3	4	5	6

3. Verzeichnis aller auf dem Grundstück befindlichen selbständigen Wohnungen

Die Wohnungen sind, nach einzelnen Gebäuden geordnet, einzutragen.

Laufende Nr.	Lage (ob alleiniges Haus, Vorder-, Hinter-, Gartenhaus, Seitenflügel usw.	Stockwerk (Kellergeschoß, Erdgeschoß, 1., 2. usw. Stockwerk, Dachgeschoß (Mansarde)	Name des Hauptinhabers*) der Wohnung (Hauptmieter oder Eigentümers) Falls die Wohnung am Zähltag leersteht, ist hier „leer" einzutragen; wenn jedoch die leerstehende Wohnung am 16. Mai 1927 noch oder bereits vermietet ist, sind außerdem auch Name und Anschrift des Mieters einzutragen	Zahl der Wohnräume**) (ohne Küche)	Nur für leerstehende Wohnungen auszufüllen! Grund des Leerstehens: a) noch oder bereits vermietet b) zur Verfügung des Wohnungsamts c) baufällig d) aus welchen sonstigen Gründen nicht vermietet
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
4					
5					
6					usw.

Jedem vorstehend aufgeführten Hauptinhaber einer selbständigen Wohnung ist eine Wohnungskarte zur Ausfüllung zu übergeben. Die Untermieter erhalten keine Wohnungskarte, sondern sind in der Wohnungskarte des jeweiligen Hauptinhabers mit aufzuführen.

Als Hauseigentümer — Vertreter des Hauseigentümers — bescheinige ich hiermit die Vollständigkeit und Richtigkeit der vorstehenden Angaben.

Zu dieser Grundstücksliste gehören ..... Wohnungskarten.
(Falls diese Seite nicht ausreicht, ist ein besonderes Blatt einzulegen.
Zahl der Einlagebogen .....)

.....
Unterschrift des Hauseigentümers (oder seines Vertreters)

*) Hauptinhaber der Wohnung ist der Mieter, der die Miete unmittelbar an den Hauseigentümer (oder dessen Vertreter) zahlt. Als Hauptinhaber einer Wohnung gilt auch der Inhaber einer Hausverwalter-, Dienst- oder Freiwohnung. — **) Vgl. Frage 2 der Wohnungskarte. — Besteht die Wohnung nur aus 1 Küche (Wohnküche), so ist in Sp. 5 die Bezeichnung „W.-K." einzutragen.

Zählbezirk: .....

Anlage 2.

Drucksache Nr. 11

Wohnungszählung im Deutschen Reich am 16. Mai 1927

Wohnungskarte Nr. ..... zur Grundstücksliste Nr. .....

Land: Preußen **Kreis:** .....

Gemeinde: ..... **Straße (Platz):** ..... **Nr.** ..... **Stockwerk:** .....

Um Unterlagen für die Wohnungspolitik von Reich, Ländern und Gemeinden zu gewinnen, ist durch Reichsgesetz vom 2. März 1927 (Reichsgesetzbl. I, S. 69) eine Wohnungszählung angeordnet worden. Die Grundstückseigentümer bzw. ihre Vertreter und die Wohnungsinhaber sind nach § 3 des Gesetzes verpflichtet, die erforderlichen Angaben zu machen. Wer die Fragen wissentlich wahrheitswidrig beantwortet oder sich weigert, die vorgeschriebenen Angaben zu machen, wird mit Geldstrafe bis zu 10000 RM. bestraft.

Über die bei der Zählung gewonnenen Angaben über die einzelnen Grundstücke und die einzelnen Wohnungen ist das Amtsgeheimnis zu wahren.

Die Angaben werden nur zu statistischen Zusammenstellungen, nicht zu anderen Zwecken, insbesondere nicht zu Zwecken der Steuerbehörden oder Wohnungsämter, benutzt (§ 3 des Gesetzes).

Jeder, der eine Wohnung vom Hauseigentümer gemietet hat und die Miete unmittelbar an den Hauseigentümer oder dessen Vertreter zahlt, hat nach dem Stande vom 16. Mai 1927 eine Wohnungskarte auszufüllen. Auch der Hauseigentümer hat für seine eigene Wohnung eine Wohnungskarte abzugeben; ebenso haben die Inhaber von Hausverwalter-, Dienst- oder Freiwohnungen eine Wohnungskarte auszufüllen.

Die Ausfüllung der Wohnungskarte hat für die **ganze** Wohnung, einschließlich der an Untermieter und Mitbewohner, auch selbständige Haushaltungen oder Familien abgegebenen Räume, durch den Hauptinhaber der Wohnung zu erfolgen.

In Anstalten für gemeinsamen Aufenthalt (Pensionen, Gasthäusern, Herbergen, Krankenhäusern, Erziehungs-, Heil- und Pflegeanstalten, Ledigenheimen, Kasernen, Gefängnissen usw.) ist nur von den Vorstehern, Inhabern, Angestellten usw., sofern sie eine eigene Wohnung bewohnen, eine Wohnungskarte auszufüllen. Pensions-, Gast- und Beherbergungsräume sowie Anstaltsräume sind also nicht zu berücksichtigen.

1. Vor- und Zuname des Hauptinhabers (Hauptmieters) der Wohnung: .....

.....

2. Aus wieviel Räumen besteht die ganze Wohnung (einschließlich der etwa gegen Entgelt oder unentgeltlich abgegebenen oder untervermieteten Räume)?

	Zahl		Zahl
a) **Wohn- und Schlafzimmer** (auch Arbeitszimmer, Salon u. dgl., aber nicht Küche)	.....	c) **Küchen** (auch Wohnküchen)*).	.....
b) **Übrige Wohnräume** (ohne Küche(n) (z. B. Dienstbotenkammern, bewohnbare Mansarden usw.), und zwar:		d) **Sonstige Räume** (z. B. Badezimmer — sofern sie nicht zu Wohnzwecken benutzt werden —, Hängeböden, Speisekammern, Dielen, Glasveranden, bloße Verschläge und ähnliche kleine Räume), und zwar:	
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....

3. Wie viele der vorstehend unter a) und unter b) genannten Räume werden vom Hauptmieter **ausschließlich** zu gewerblichen Zwecken benutzt oder sind **ausschließlich** zu gewerblicher Benutzung weitervermietet? .....

Art der gewerblichen Benutzung? (z. B. Büro u. dgl.) .....

*) Wo ein Herd vom Wohnungsinhaber mitzubringen ist, gilt der Raum, in dem er aufgestellt wird, als Küche.

4. Verzeichnis sämtlicher Bewohner der Wohnung (einschließlich der vorübergehend Abwesenden, jedoch ausschließlich der vorübergehend Anwesenden).

Als Haushaltung gelten die zu einer hauswirtschaftlichen Gemeinschaft vereinigten Personen einschließlich der Zimmerabmieter ohne eigene Hauswirtschaft und der Schlafgänger (gleichgültig, ob sie Beköstigung empfangen oder nicht).

Einzeln lebende Personen gelten nur dann als eine Haushaltung, wenn sie eine besondere Wohnung haben, d. h., wenn sie Hauptmieter oder Untermieter mit eigenen Räumen sind und eine eigene Hauswirtschaft führen.

Falls mehrere Familien einen gemeinsamen Haushalt bilden, so sind sie als eine Haushaltung, jedoch durch einen deutlichen Strich voneinander getrennt, aufzuführen.

Laufende Nr.	Vor- und Zuname	Stellung im Haushalt (ob Haushaltungsvorstand, dessen Ehefrau, Sohn, Tochter, Schwiegersohn, Schwiegertochter, Pflegekind, Hausangestellte, Gewerbegehilfe, Zimmerabmieter, Schlafgänger usw.)	Beruf	Geschlecht (männlich oder weiblich)	Geboren am (Tag, Monat, Jahr)	Familienstand (ob ledig, verheiratet, verwitwet, geschieden)
1	2	3	4	5	6	7

Erste Haushaltung, d. h. Haushaltung des Hauptinhabers (Hauptmieters usw.) der Wohnung:

1		Haushaltungsvorstand				
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Zweite Haushaltung (Untermieter oder Mitbewohner mit eigener Hauswirtschaft):

1		Haushaltungsvorstand				
2						
3						
4						

Ist der Vorstand der zweiten Haushaltung mit dem Vorstand der ersten Haushaltung verwandt oder verschwägert? .....

Wenn ja, wie? .....

Dritte Haushaltung (Untermieter oder Mitbewohner mit eigener Hauswirtschaft):

1		Haushaltungsvorstand				
2						
3						

Ist der Vorstand der dritten Haushaltung mit dem Vorstand der ersten Haushaltung verwandt oder verschwägert? .....

Wenn ja, wie? .....

.....

Unterschrift des Wohnungsinhabers (oder seines Vertreters)

Das Material, das die oben angeführten Formulare der „Wohnungskarte“ und der „Grundstücksliste“ ergeben, wird in Tabellen zusammengefaßt und zwar zunächst in die allgemeinen Grundübersichten (Tab. 11 und 12), wobei in jedem Falle eine Aufteilung in Wohnungen mit 1, 2, 3 usw. Wohnräumen erfolgen kann und in besondere Übersichten, die das Grundmaterial erschließen und ergänzen, von denen hier 4 als Beispiele angegeben seien (Tab. 13, 14, 15 und 16).

So berichten Tabelle 13 und 15 über die Größe der Wohnungen und ihre Belegung. In der Tabelle 13 sind die bewohnten Wohnungen nach der Zahl der Wohnungen und nach ihrer Durchschnittsbelegung angegeben, während Tabelle 15 sich auf die prozentuale Verteilung der Wohnungsinsassen auf die einzelnen Wohnungsgrößenklassen bezieht. In anderer Weise kann man kleine, mittlere und größere Wohnungen und ihre Belegungsstärke zusammenfassen (Tab. 14), oder die Zahl der in den Wohnungen untergebrachten Haushaltungen zu ermitteln suchen (Tab. 16).

Immerhin geben diese Tabellen nur über bestimmte Einzelfragen Aufschluß und es ist daher für eine Gesamtübersicht eine weitere Zusammenfassung notwendig, wie sie für die Wohnungszählung deutscher Städte im Frühjahr 1925 (Tab. 17) oder für die Reichswohnungszählung vom 16. Mai 1927 (Tab. 18) darstellt.

In diesen Gesamtübersichten ist also das ganze Material zusammengefaßt, und sie ergeben unter Berücksichtigung der eingangs erwähnten Schwierigkeiten ein ziemlich getreues Bild der zur Zeit der Zählung herrschenden Wohnungslage. So enthält Tabelle 17 die Gesamtheit der in den Städten vorhandenen Wohnungen, die Zahl der Wohnräume, sowie ihre Belegung mit Haushaltungen und Inwohnern. Es geht daraus die Eigenart der in der Nachkriegszeit entstandenen Verhältnisse deutlich hervor. So zeigt sich, daß die Zahl der Haushaltungen fast überall wesentlich höher ist, als die Zahl der Wohnungen (wegen Raumersparnis sind in dieser wie in den übrigen Tabellen immer nur ein paar Städte angeführt), während vor dem Kriege Wohnungen und Haushaltungen gewissermaßen gleichgesetzt wurden. Auch die Dichtigkeit der Belegung, gemessen an der Zahl der Insassen, die durchschnittlich auf eine Wohnung entfallen, die durchschnittliche Größe der Wohnung nach der Anzahl der Wohnräume, ferner wieviel Insassen durchschnittlich auf einen Wohnraum entfallen und wie viele überfüllte Wohnungen — das sind Wohnungen mit mehr als 2 Personen auf einen Wohnraum — vorhanden sind, geht aus der Tabelle 17 hervor.

Die zur Zeit der Wohnungszählung bestehenden Verhältnisse treten schärfer hervor, wenn man sie mit den Zählungen früherer Jahre vergleicht. Wie wichtig es dabei ist, verschiedene Gesichtspunkte walten zu lassen, geht aus folgendem Beispiel hervor. Bei einem Vergleich der Wohnungszählungen von 1910 und 1925 ergibt sich (nach Morgenroth) „bei fast allen Großstädten und wohl auch anderwärts die sehr überraschende, auf den ersten Blick paradox erscheinende Tatsache, daß die Bevölkerung erheblich langsamer zugenommen hat als die Zahl der Wohnungen, wodurch eine scheinbare Erleichterung der Wohnungsnot eingetreten wäre“. So kamen in Halle auf eine Wohnung im Jahre 1910: 3,97, im Jahre 1925: 3,72 Einwohner; in Mannheim auf einen Raum 1910: 1,164, 1915: 1,033 Bewohner; in Nürnberg auf eine Wohnung 1910: 4,45 und 1925: 4,04 Bewohner (nach Meyer). „Eine solche Folgerung würde jedoch einen starken Trugschluß darstellen, denn andererseits hat die Entwicklung ebenfalls fast

(Fortsetzung des Textes auf S. 338.)

Tabelle 11 (n. Morgenroth).

Die Wohnungen nach der Zahl der Wohnräume und der Zahl der in ihnen wohnenden Haushaltungen und Personen.

Vorbemerkung: Als Wohnräume gelten nur Räume mit Fenstern ins Freie. Im besonderen zählen als solche: Heizbare Zimmer, nicht heizbare Zimmer, Küchen (ausschließlich der mehreren Wohnungen gemeinsamen Küchen), Mädchenkammern, zu Wohn- (Schlaf-) Zwecken benutzte Mansarden und Baderäume. — Nicht als Wohräume gelten alle übrigen Mansarden- und Baderäume, Alkoven, Hängeböden, Speisekammern, Korridore usw. —

Zu Spalte 1: a = Wohnungen mit 1 Haushaltung, b = Wohnungen mit 2 Haushaltungen, c = Wohnungen mit 3 und mehr Haushaltungen, d = Wohnungen zusammen.

Stadt	Bewohnte Wohnungen: Zahl der Wohnungen	Zahl der Inwohner	Zahl der Haushaltungen	Von den bewohnten Wohnungen haben . . . Inwohner: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 u. mehr	Leerstehende Wohnungen. Wohnungen überhaupt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Sämtliche Wohnungen															
Berlin . . . a	1 100 911	3 524 418	1 100 911	99284	277 267	324 559	221 934	105 567	43820	17170	6825	2711	1007	767	
b	68 561	3 333 327	137 122	1	1 995	11 620	19 017	15 894	10012	5266	2589	1145	580	442	(2 064)
c	2 823	20 072	8 532	—	—	56	166	432	605	541	390	274	151	208	1 174 359
d	1 172 295	3 877 817	1 246 565	99285	279 262	336 235	141 117	121 893	54437	22977	9804	4130	1738	417	
München . a	158 254	567 115	158 254	10591	31 918	42 284	34 501	20 505	10229	4679	2050	807	384	306	
b	13 456	73 383	26 912	—	300	1 285	2 887	3 237	2456	1552	877	441	218	203	(408)
c	1 249	9 293	3 789	—	—	20	94	146	216	227	187	134	88	137	173 367
d	172 959	649 791	188 955	10591	32 218	43 589	37 482	23 887	12901	6458	3114	1382	690	646	
Breslau . . a	138 413	491 798	138 413	12861	28 346	33 877	28 449	17 776	9185	4374	1926	883	350	386	
b	9 631	49 510	19 262	—	449	1 432	2 191	1 962	1558	958	517	296	142	126	(78)
c	488	3 403	1 496	—	1	38	44	70	84	63	62	43	32	51	148 610
d	148 532	544 711	159 171	12861	28 796	35 347	30 684	19 808	10827	5395	2505	1222	524	563	
Düsseldorf a	99 001	374 953	99 001	5398	18 123	25 294	22 174	13 609	7313	3613	1740	896	423	418	
b	6 397	38 971	12 794	—	17	360	1 072	1 429	1227	939	590	353	187	223	(120)
c	580	5 266	1 828	—	—	1	8	21	77	97	117	68	58	133	106 098
d	105 978	419 190	113 623	5398	18 140	25 655	23 254	15 059	8617	4649	2447	1317	668	774	

Tabelle 12 (n. Morgenroth).

Gliederung der in den Wohnungen befindlichen Haushaltungen nach Familien.

Zu Spalte 1: a = Wohnungen mit 1 Haushaltung, b = Wohnungen mit 2 Haushaltungen, c = Wohnungen mit 3 und mehr Haushaltungen, d = Wohnungen zusammen. —

Zu Spalte 2—7: Als Bewohnergruppen sind gezählt: Einzelpersonen, die eigenen Haushalt führen (sog. Einzelhaushaltungen), Haushaltsgemeinschaften von nicht miteinander verwandten Personen (die also keine Familie bilden) und reine Familienhaushaltungen untereinander verwandter Personen. —

Zu Spalte 8: Als „weitere Familien" sind die reinen Familien (von 2 oder mehr untereinander verwandten Personen) gezählt, die keinen eigenen Haushalt haben, sondern zusammen mit einer dem Haushalt vorstehenden anderen „Bewohnergruppe" — mit einer Einzelperson, mit einer Familie oder anderen Hausgemeinschaft — den Haushalt teilen. —

Stadt		Zahl der Haushaltungen überhaupt (einschl. der Einzelhaushaltungen)	Darunter Haushaltungen mit ... Familien oder anderen Bewohnergruppen				Zahl der Familien und anderen Bewohnergruppen überhaupt	Darunter „weitere" Familien	Von den „weiteren" Familien (Sp. 8) sind						
									Ehepaare bei					sonstigen Familiengemeinschaften bei	
									Eltern, Schwiegereltern, und zwar		Kindern, Schwiegerkindern	sonstigen Verwandten	Fremden		
			1	2	3	4 u. mehr			Elternpaar	Elternteil				Verwandten	Fremden
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
						Sämtliche Wohnungen									
Berlin	a	1 100 911	1 066 523	33 690	671	27	1 136 024	35 113	6 097	9 520	1 695	1 765	4 122	8 056	3 858
	b	137 122	136 062	1 037	23	—	138 205	1 083	99	239	47	51	108	378	161
	c	8 532	8 472	57	3	—	8 595	63	6	16	4	3	8	15	11
	d	1 246 565	1 211 057	34 784	697	27	1 282 824	36 259	6 202	9 775	1 746	1 819	4 238	8 449	4 030
München . . .	a	158 254	154 025	4 155	71	3	162 560	4 306	654	1 198	158	172	923	557	644
	b	26 912	26 718	191	3	—	27 109	197	21	69	2	3	27	31	44
	c	3 789	3 762	27	—	—	3 816	27	3	5	1	—	8	4	6
	d	188 955	184 505	4 373	74	3	193 485	3 530	678	1 272	161	175	958	592	694

Tabelle 13 (n. Morgenroth).

Die bewohnten Wohnungen nach der Zahl der Wohnräume und nach ihrer Durchschnittsbelegung.

Stadt	Zahl der bewohnten Wohnungen mit ... Wohnräumen								insgesamt	Auf 1 bewohnte Wohnung ... Wohnr.								Überhaupt
	0	1	2	3	4	5	6	7 und mehr		0	1	2	3	4	5	6	7 u. mehr	
										entfallen durchschnittlich ... Inwohner								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Gruppe A																		
Berlin	826	53 115	357 077	414 697	134 313	96 144	53 725	62 398	1 172 295	1,7	1,7	2,9	3,4	3,6	3,6	3,9	4,8	3,3
München . . .	138	10 975	41 138	42 324	30 875	22 508	13 187	11 814	172 959	2,5	1,9	3,1	3,7	4,0	4,1	4,5	5,5	3,8
Breslau	—	25 263	51 059	30 253	18 214	10 211	6 643	6 889	148 532	—	2,7	3,6	3,8	3,9	4,1	4,4	5,4	3,7
Frankfurt a. M.	—	—	—	—	—	—	—	—	117 343	—	—	—	—	—	—	—	—	3,8
Düsseldorf . .	—	4 362	27 182	28 376	19 025	11 887	6 606	8 540	105 978	—	2,0	3,1	3,9	4,3	4,5	4,6	5,7	4,0
Hannover . . .	—	1 038	3 204	13 217	41 168	23 732	11 188	14 140	107 687	—	2,1	2,3	3,1	3,8	4,0	4,1	4,8	3,9
Nürnberg . . .	—	812	3 065	21 521	42 793	14 805	6 437	5 690	95 123	—	—	—	—	—	—	—	—	4,1
Stuttgart . . .	8	1 000	2 931	22 178	33 570	12 323	5 787	4 837	82 634	1,9	1,9	2,7	3,4	4,1	4,5	4,8	5,5	4,0
Chemnitz . . .	—	2 078	23 940	30 520	18 903	7 710	2 911	1 905	87 967	—	—	—	—	—	—	—	—	3,7
Magdeburg . .	3	1 678	4 484	35 205	21 262	9 876	5 285	4 360	82 153	2,7	1,7	2,6	3,3	3,6	3,7	4,0	4,9	3,5
Königsberg . .	17	1 821	12 512	28 427	11 462	6 513	3 543	3 334	67 629	1,9	2,8	3.6	4,0	4,0	4,2	4,6	6,2	4,1
Stettin	15	2 009	6 681	34 276	12 232	6 182	3 268	2 884	67 547	2,3	1,7	3,0	3,7	3,8	3,9	4,2	5,1	3,7
Mannheim . .	34	1 079	8 923	21 767	14 493	5 984	2 607	2 673	57 560	3,8	2,2	3,2	4,1	4,5	4,6	4,9	5,6	4,2
Kiel	—	325	2 450	24 801	12 882	8 944	4 191	4 254	57 847	—	1,7	2,6	3,4	3,6	3,6	3,8	4,8	3,5
Gruppe B																		
Halle	—	982	3 774	17 896	13 517	7 170	3 489	3 992	50 820	—	1,9	2,8	3,5	3,8	3,8	4,1	5,0	3,7
Kassel	—	363	2 246	10 816	13 838	7 191	3 711	3 710	41 875	—	1,8	2,8	3,6	4,0	4,2	4,5	5,5	4,0
Augsburg . . .	—	690	2 502	10 220	14 995	6 577	2 906	2 895	40 875	—	1,5	2,6	3,3	4,0	4,4	4,8	5,6	3.9
Bochum . . .	—	888	8 095	10 707	6 336	3 412	1 933	2 232	33 603	—	2,3	3,6	4,6	4,9	5,0	5,2	6,3	4,5
Aachen	—	3 737	9 891	9 939	6 730	4 375	2 453	3 444	40 569	—	1,9	2,9	3,6	4,2	4,4	4,7	5,3	3,7
Erfurt	—	535	2 044	9 437	12 788	5 389	2 553	2 267	35 013	—	1,9	2,8	3,5	4,0	4,0	4,3	5,2	3,9
M.-Gladbach .	—	475	4 442	6 652	5 598	3 833	1 982	2 584	25 566	—	1,9	2,9	3,9	4,7	5,2	5,4	6,1	4,4
Plauen	—	602	3 600	7 000	10 337	4 446	2 098	2 165	30 248	—	1,6	2,6	3,4	3,9	4,1	4,1	4,6	3,7
Wiesbaden . .	—	589	2 989	8 665	8 158	3 673	2 261	2 779	29 114	—	1,3	2,4	3,2	3,5	3,6	3,8	4,7	3,4
Ludwigshafen .	59	462	4 626	8 245	5 833	2 235	898	449	22 807	3,1	2,4	3,6	4,4	4,8	5,0	5,2	6,3	4,4

Tabelle 14 (n. Morgenroth).

Kleinere, mittlere und größere Wohnungen nach ihrer Zahl und ihren Insassen.

Stadt	Zahl der bewohnten			Zahl der Inwohner in			Von je 100 bewohnten Wohnungen sind			Von je 100 Inwohnern wohnen in		
	Klein-wohnungen	mittleren Wohnungen	größeren Wohnungen	Klein-wohnungen	mittleren Wohnungen	größeren Wohnungen	Klein-wohnungen	mittlere Wohnungen	größere Wohnungen	Klein-wohnungen	mittleren Wohnungen	größeren Wohnungen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Gruppe A												
Berlin	960 028	149 869	62 398	3 019 548	556 744	301 525	81,9	12,8	5,3	77,9	14,3	7,8
München	125 450	35 695	11 814	432 614	152 520	64 657	72,5	20,7	6,8	66,6	23,5	9,9
Breslau	124 789	16 854	6 889	437 240	70 638	36 833	84,0	11,3	4,7	80,3	12,9	6,8
Düsseldorf. . . .	78 945	18 493	8 540	287 105	83 560	48 525	74,5	17,4	8,1	68,5	19,9	11,6
Hannover	58 627	34 920	14 140	205 572	140 496	68 491	54,5	32,4	13,1	49,6	33,9	16,5
Nürnberg	68 191	21 242	5 690	—	—	—	71,7	22,3	6,0	—	—	—
Stuttgart	59 687	18 110	4 837	222 557	82 905	26 399	72,2	21,9	5,9	67,1	25,0	7,9
Chemnitz	75 441	10 621	1 905	—	—	—	85,7	12,1	2,2	—	—	—
Magdeburg . . .	62 632	15 161	4 360	208 260	57 988	21 210	76,2	18,5	5,3	72,4	20,2	7,4
Königsberg . . .	54 239	10 056	3 334	210 347	43 345	20 569	80,2	14,9	4,9	76,7	15,8	7,5
Stettin	55 213	9 450	2 884	196 118	37 460	14 774	81,7	14,0	4,3	78,9	15,1	6,0
Mannheim	46 296	8 591	2 673	183 998	40 514	15 076	80,4	14,9	4,7	76,8	16,9	6,3
Kiel	40 458	13 135	4 254	136 863	47 871	20 279	70,0	22,7	7,3	66,7	23,4	9,9

Tabelle 15 (n. Morgenroth).

Prozentuale Verteilung der Wohnungsinsassen auf die einzelnen Wohnungsgrößenklassen.

Stadt	Von 100 Wohnungsinsassen wohnen in Wohnungen mit . . . Wohnräumen											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 u. mehr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Gruppe A												
Berlin	0,0	2,3	26,6	36,6	12,4	8,9	5,4	3,5	2,0	1,1	0,6	0,6
München . . .	0,1	3,2	20,0	24,3	19,1	14,4	9,1	4,7	2,4	1,2	0,6	0,9
Breslau	—	12,4	33,5	21,2	13,2	7,6	5,3	3,1	1,7	0,9	0,4	0,7
Düsseldorf . .	—	2,1	30,3	26,5	19,6	12,7	7,3	4,1	2,7	1,6	1,0	2,1
Hannover . . .	—	0,5	1,9	9,8	37,4	22,8	11,1	7,6	4,1	2,2	1,0	1,6
Stuttgart . . .	0,0	0,6	2,4	22,9	41,2	16,6	8,4	4,5	1,7	0,8	0,4	0,5
Chemnitz . . .	—	1,1	22,3	35,2	24,1	10,0	4,1	1,6	0,7	0,4	0,2	0,3
Magdeburg . .	0,0	1,0	4,1	40,8	26,6	12,8	7,3	3,5	1,9	1,0	0,5	0,5
Königsberg . .	0,0	1,8	16,6	41,8	16,5	9,9	5,9	3,4	1,9	0,9	0,4	0,9
Stettin	0,0	1,4	7,9	51,0	18,6	9,6	5,5	3,0	1,6	0,7	0,3	0,4
Mannheim . .	0,1	1,0	12,0	36,8	26,9	11,6	5,3	2,7	1,7	0,8	0,4	0,7
Kiel	—	0,3	3,1	40,9	22,4	15,6	7,8	4,0	2,5	1,4	0,8	1,2

überall gezeigt, daß die Zahl der Haushaltungen noch viel rascher gewachsen ist als die Zahl der Wohnungen, daß also für viele Haushaltungen keine Wohnungen vorhanden waren. Durch das überaus rasche Zunehmen der Haushaltungen ist der Beweis einer empfindlichen Verschlimmerung der Wohnungsnot gegeben". Es sind aber noch andere Gesichtspunkte zu berücksichtigen. So haben sich gegen früher die Wohnungen merklich verkleinert, sowohl in der Zahl der Räume als auch in der Größe der einzelnen Wohnräume; kleine Dachkammern, Nebengelasse usw. sind in stärkerem Maße als früher zu Wohnungszwecken herangezogen worden. Ebenso ist eine Verkleinerung der Haushaltungen eingetreten, was einerseits auf die starke Abnahme der Zahl der Kinder in den Haushaltungen als Folge des starken Geburtenrückganges während des Krieges und während der Nachkriegszeit, andererseits auf die durch die Nachkriegszeit bedingte Erscheinung der Unterbringung mehrerer Haushaltungen in ein und derselben Wohnung zurückzuführen ist.

Zieht man ferner die Zusammensetzung der Bevölkerung zum Vergleich heran, wie sie sich aus der meist gleichzeitig stattfindenden Volkszählung ergibt, so findet man auch hier wertvolle Hinweise und Erklärungen für bestimmte Erscheinungen der Wohnungslage. So zeigte es sich 1925, daß die Bevölkerung in einem erheblich größerem Maße als früher weiblich geworden ist, daß sie infolge der außerordentlichen Vermehrungen der Eheschließungen in stärkerem Maße verheiratet ist als früher. Die Ehen sind aber kinderloser als vordem und im Zusammenhang damit ist die Bevölkerung der Großstädte durchschnittlich älter geworden, worüber folgende Zusammenstellung Aufschluß gibt.

Altersaufbau der Bevölkerung der Stadt Nürnberg (n. Meyer).

Bevölkerung nach dem Alter	1910 %	1925 %
unter 15 Jahren	30,9	22,01
15 bis unter 20 Jahren	9,6	9,51
20 „ „ 25 „	9,6	10,63
25 „ „ 30 „	9,6	9,41
30 „ „ 35 „	9,8	8,26
35 „ „ 40 „	8,1	7,84
40 „ „ 50 „	10,9	14,83
50 „ „ 60 „	6,3	10,45
60 „ „ 70 „	3,6	4,97
70 und mehr	1,6	2,09

Aus der Bevölkerungsstatistik ergibt sich also, warum die Haushaltungen zahlreicher, aber auch kleiner geworden sind und damit erklärt sich die stärkere Nachfrage nach Wohnungen, die Bevorzugung kleinerer Wohnungen, wobei die wirtschaftliche Lage des Volkes natürlich noch eine Rolle spielt, sowie die Erscheinung, daß mehrere Haushaltungen in einer Wohnung sich befinden, was wiederum durch mangelhafte Bautätigkeit bedingt ist.

„Die gekennzeichneten weitgehenden Veränderungen der Struktur der Bevölkerung, des Zusammenwohnens der Bevölkerung in Haushaltungen, Wohnungen und Gebäuden lassen die Ursachen klar erkennen, weshalb von 1910 bis 1925 die Bevölkerung in den großen Städten fast überall wesentlich langsamer zunahm als die Zahl der Wohnungen, und diese wiederum viel weniger anstieg als die Zahl der Haushaltungen. Ohne Berücksichtigung dieser Strukturveränderungen, die nicht unterschätzt werden dürfen, würde die heutige Wohnungsnot wesentlich geringer erscheinen, als sie in Wirklichkeit ist. Tatsächlich muß die durchschnittlich viel ältere und in viel stärkerem Maße als früher verheiratete Bevölkerung des Jahres 1925 erheblich mehr Raum beanspruchen als die mehr aus Kindern und ledigen Personen zusammengesetzte Bevölkerung von 1910. Für die Beurteilung der heutigen Wohnungsnot kommt daher nicht die gesamte Volkszahl in Betracht, sondern richtiger die Zahl der erwachsenen Bevölkerung oder die Zahl der Haushaltungen. Legt man diese zwei letzteren Maßstäbe zugrunde, so ergibt sich deutlich, daß die Vermehrung der Wohnungen von 1910—1925 der gleichzeitigen Zunahme der Haushaltungen und der erwachsenen Bevölkerung bei weitem nicht gefolgt ist. Die Einrechnung des geringen Wohnungsbedarfes der Kinder beim Vergleich der Entwicklung von 1910 bis 1925 bietet ein unzutreffendes Bild von der tatsächlichen Entwicklung der Wohnungsverhältnisse“ (Morgenroth).

An diesem Beispiele möge gezeigt sein, wie erst unter Berücksichtigung verschiedener Gesichtspunkte und aus dem Vergleich mit anderen statistischen Erhebungen ein deutliches Bild der Wohnungslage entsteht und einzelne anscheinend paradoxe Erscheinungen sich erklären.

So mannigfacher Art indessen die Aufschlüsse sind, welche auf diesem Wege in bezug auf die Wohnungsverhältnisse der großstädtischen Bevölkerung zu erlangen sind, so viele Fragen bleiben noch offen, auf welche eine Erhebung in den engen Grenzen, innerhalb deren sich die mit der allgemeinen

(Fortsetzung des Textes auf S. 343.)

Tabelle 16 (n. Morgenroth).

Die bewohnten Wohnungen nach der Zahl der in ihnen untergebrachten Haushaltungen.

Stadt	Zahl der bewohnten Wohnungen, bewohnt mit																			
	1 Haushaltung					2 Haushaltungen					3 und mehr Haushaltungen					2 und mehr Haushaltungen				
	Wohnungen		Inwohner			Wohnungen		Inwohner			Wohnungen		Inwohner			Wohnungen		Inwohner		
	Zahl	% aller Wohnungen	Zahl	% aller Insassen	Auf 1 Wohnung treffen durchschnittl. . . Inwohner	Zahl	% aller Wohnungen	Zahl	% aller Insassen	Auf 1 Wohnung treffen durchschnittl. . . Inwohner	Zahl	% all. Wohnung.	Zahl	% aller Insassen	Auf 1 Wohnung treffen durchschnittl. . . Inwohner	Zahl	% all. Wohnung.	Zahl	% aller Insassen	Auf 1 Wohnung treffen durchschnittl. . . Inwohner
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Gruppe A																				
Berlin	1 100 911	93,9	3 524 418	90,9	3,2	68 561	5,9	333 327	8,6	4,9	2 823	0,2	20 072	0,5	7,1	71 384	6,1	353 399	9,1	5,0
München . . .	158 254	91,5	567 115	87,3	3,6	13 456	7,8	73 383	11,3	5,5	1 249	0,7	9 293	1,4	7,4	14 705	8,5	82 676	12,7	5,6
Breslau	138 413	93,2	491 798	90,3	3,6	9 631	6,5	49 510	9,1	5,1	488	0,3	3 403	0,6	7,0	10 119	6,8	52 913	9,7	5,2
Frankfurt a. M.	111 422	94,9	414 382	92,2	3,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5 921	5,1	35 009	7,8	5,9
Düsseldorf . .	99 001	93,4	374 953	89,5	3,8	6 397	6,0	38 971	9,3	6,1	580	0,5	5 266	1,3	9,1	6 977	6,6	44 237	10,6	6,3
Hannover . .	97 890	90,9	361 260	87,2	3,7	9 337	8,7	49 697	12,0	5,3	460	0,4	3 604	0,9	7,8	9 797	9,1	53 301	12,9	5,4
Nürnberg . . .	82 196	86,4	313 548	81,5	3,7	12 509	13,2	68 167	17,7	5,5	418	0,4	3 256	0,9	7,8	12 927	13,6	71 423	18,6	5,5
Stuttgart . . .	77 157	93,4	300 638	90,6	3,8	5 246	6,4	29 411	8,9	5,6	231	0,3	1 812	0,6	7,8	5 477	6,6	31 223	9,4	5,7
Chemnitz . . .	83 245	94,6	301 107	91,9	3,6	4 533	5,2	25 169	7,7	5,6	189	0,2	1 510	0,5	8,0	4 722	5,4	26 679	8,1	5,7
Magdeburg . .	75 341	91,7	251 935	87,6	3,3	6 544	8,0	33 450	11,6	5,1	268	0,3	2 073	0,7	7,7	6 812	8,3	35 523	12,4	5,2
Königsberg . .	61 243	90,6	236 939	86,4	3,9	6 137	9,1	35 183	12,8	5,9	249	0,4	2 139	0,8	8,6	6 386	9,5	37 322	13,6	5,8
Stettin	62 247	92,2	219 139	88,2	3,5	5 061	7,5	27 306	11,0	5,4	239	0,4	1 847	0,7	7,7	5 300	7,9	29 213	11,8	5,5
Mannheim . .	53 372	92,7	212 883	88,9	4,0	3 855	6,7	23 804	9,9	6,2	333	0,6	2 901	1,2	8,7	4 188	7,3	26 705	11,2	6,4
Kiel	54 494	94,2	186 950	91,2	3,4	3 245	5,6	17 077	8,3	5,3	108	0,2	986	0,5	9,1	3 353	5,8	18 063	8,8	5,4

Tabelle 17 (n. Morgenroth).

Die Wohnungen und Wohnräume sowie ihre Belegung mit Haushaltungen und Inwohnern.

Stadt	Zeit der Zählung im Jahr 1925	Zahl der Wohnungen				In den bewohnten Wohnungen befindl.		Auf 1 bewohnte Wohnung entfallen		Gesamtzahl der vorhandenen Wohnräume	Auf 1 Wohnung (bewohnt und leer) entfallen Wohnräume	Auf 1 Wohnraum entfallen Inwohner	Überfüllte Wohnungen (mit durchschnittlich mehr als 2 Personen je Wohnraum)		Darunter stark überfüllte Wohnungen (mit durchschn. mehr als 3 Personen je Wohnraum)	
		insgesamt	davon			Haushaltungen	Inwohner	Haushaltungen	Inwohner				Zahl	in % aller bewohnten Wohnungen	Zahl	in % aller bewohnten Wohnungen
			bewohnt	leer												
				Zahl	in % aller Wohnungen											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Gruppe A																
Berlin	3. V.	1 174 359	1 172 295	2 064	0,18	1 246 565	3 877 817	1,06	3,31	3 851 587	3,28	1,01	59 905	5,1	8 432	0,7
München . . .	10. V.	173 367	172 959	408	0,24	188 955	649 791	1,09	3,76	630 459	3,64	1,03	12 028	7,0	2 101	1,2
Leipzig	—	174 500	—	—	—	191 100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Breslau	11. V.	148 610	148 532	78	0,05	159 171	544 711	1,07	3,67	436 833	2,94	1,25	27 439	18,5	9 778	6,6
Frankfurt a.M.	3. V.	117 343	117 343	—	—	123 647	449 391	1,05	3,83	—	—	—	—	—	—	—
Düsseldorf . .	26. IV.	106 098	105 978	120	0,11	113 623	419 190	1,07	3,96	391 551	3,69	1,07	7 891	7,5	1 082	1,0
Hannover . . .	10. V.	107 788	107 687	101	0,09	117 966	414 561	1,09	3,85	510 386	4,74	0,81	1 241	1,2	192	0,2
Nürnberg . . .	16. IV.	95 343	95 123	220	0,23	108 476	384 971	1,14	4,05	400 806	4,20	0,96	2 158	2,3	231	0,2
Stuttgart . . .	19. V.	82 826	82 634	192	0,23	88 344	331 861	1,07	4,02	340 602	4,11	9,97	2 038	2,5	220	0,3
Chemnitz . . .	16. V.	88 116	87 967	149	0,17	92 885	327 786	1,05	3,73	288 194	3,27	1,14	6 435	7,3	952	1,1
Bremen	Mai	72 277	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Magdeburg . .	3. V.	82 259	82 153	106	0,13	89 241	287 485	1,09	3,50	316 161	3,85	0,91	1 895	2,3	204	0,3
Königsberg . .	10. V.	67 651	67 629	22	0,03	74 276	274 261	1,10	4,06	238 449	3,52	1,15	7 300	10,8	1 584	2,3
Stettin	8. V.	67 768	67 547	221	0,33	73 089	248 352	1,08	3,68	240 533	3,55	1,03	3 420	5,1	1 479	2,9
Mannheim . .	12. V.	—	57 560	—	—	62 087	239 588	1,08	4,16	210 047	3,64	1,14	4 415	7,7	946	1,6

Tabelle 18. **Vorläufige Ergebnisse der Reichswohnungszählung am 16. Mai 1927 in den Gemeinden mit 100 000 und mehr Einwohnern.**

Gemeinden (nach der Einwohnerzahl — mit der größten Gemeinde beginnend — geordnet)	Einwohnerzahl nach der Volkszählung vom 16. Juni 1925 (Wohnbevölkerung) und dem Gebietsstand vom 16. Mai 1927	Zahl der bei der Wohnungszählung am 16. Mai 1927 festgestellten bewohnten und leerstehenden Wohnungen insgesamt	davon bewohnt	davon leerstehend Zahl	davon leerstehend v. H. (Sp. 3)	Haushaltungen insgesamt	darunter zweite und weitere Haushaltungen Zahl	darunter zweite und weitere Haushaltungen v. H. (Sp. 7)	weiteren Familien (Familien ohne eigenen Haushalt)	Auf je 100 Haushaltungen insges. (Sp. 7) entfallen weitere Familien (Sp. 10)	Zahl der zweiten und weiteren Haushaltungen und der weiteren Familien (Sp. 8 u. 10)	Auf je 100 Wohnungen insges. (Sp. 3) kommen Haushaltungen und Familien ohne selbständige Wohnung (Sp. 12)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Berlin	4 024 165	1 216 308	1 212 297	4 011	0,3	1 301 798	89 501	6,9	23 356	1,8	112 857	9,3
Köln	700 222	189 458	181 766	692	0,4	194 781	13 015	6,7	4 245	2,2	17 260	9,5
Breslau	557 139	151 101	150 629	472	0,3	162 592	11 963	7,4	2 041	1,3	14 004	9,3
Essen	470 524	119 676	110 486	190	0,2	119 845	9 359	7,8	2 430	2,0	11 789	10,7
Frankfurt a. M.	467 520	110 058	118 447	611	0,5	130 985	12 538	9,6	3 015	2,3	15 553	13,1
Düsseldorf	432 633	110 799	110 500	299	0,3	118 818	8 318	7,0	2 306	1,9	10 624	9,6
Hannover	422 745	110 101	109 853	248	0,2	123 541	13 688	11,1	3 081	2,5	16 769	15,2
Dortmund	321 743	75 032	74 952	80	0,1	82 145	7 193	8,8	1 883	2,3	9 076	12,1
Magdeburg	297 020	84 267	84 054	213	0,3	89 719	5 665	6,3	2 058	2,3	7 723	9,2
Königsberg i. Pr.	279 926	69 709	69 606	103	0,1	77 223	7 617	9,9	1 046	1,4	8 663	12,0
Duisburg	272 798	62 641	62 501	140	0,1	67 060	4 559	6,8	1 912	2,9	6 471	10,3
Stettin	254 466	69 390	69 087	303	0,2	75 814	6 727	8,9	1 535	2,0	8 262	11,9
Kiel	213 881	59 127	58 875	252	0,4	61 746	2 871	4,6	1 089	1,8	3 960	6,7
Bochum	211 249	46 899	46 781	118	0,4	50 731	3 950	7,8	1 012	2,0	4 962	10,6
Gelsenkirchen	208 512	45 738	45 607	131	0,3	51 000	5 393	10,6	703	1,4	6 096	13,3
Halle a. S.	194 575	52 539	52 342	197	0,3	57 297	4 955	8,6	1 179	2,1	6 134	11,7
Barmen	187 099	51 891	51 637	254	0,4	53 755	2 118	3,9	878	1,6	2 996	5,8
Altona	185 653	50 040	49 914	126	0,5	55 189	5 275	9,6	1 273	2,3	6 548	13,1
Kassel	171 661	43 251	43 109	142	0,3	46 874	3 765	8,0	1 109	2,4	4 874	11,3
Elberfeld	167 577	46 287	46 015	272	0,3	48 050	2 035	4,2	889	1,9	2 924	6,3
Aachen	155 816	41 654	41 347	307	0,6	42 742	1 395	3,3	987	2,3	2 382	5,7
Erfurt	135 579	36 090	35 967	123	0,7	39 081	3 114	8,0	1 098	2,8	4 212	11,7
Wiesbaden	132 776	37 930	37 690	240	0,6	40 265	2 575	6,4	720	1,8	3 295	8,7
Krefeld	131 098	37 334	37 233	101	0,3	37 639	406	1,1	731	1,9	1 137	3,0
Mülheim a. Ruhr	127 400	30 309	30 232	77	0,3	32 045	1 813	5,7	997	3,1	2 810	9,3
Hamborn	126 618	24 982	24 933	49	0,2	29 102	4 169	14,3	367	1,3	4 536	18,2
Hindenburg O. S.	122 671	27 467	27 441	26	0,1	30 146	2 705	9,0	312	1,0	3 017	11,0
München-Gladbach	115 302	26 509	26 446	63	0,2	27 769	1 323	4,8	731	2,6	2 054	7,7
Münster i. W.	106 418	22 640	22 556	84	0,4	24 009	1 453	6,1	312	1,3	1 765	7,8
Oberhausen	105 436	22 987	22 926	61	0,3	25 089	2 163	8,6	564	2,2	2 727	11,9

Volkszählung verbundene Aufnahme notwendig bewegen muß, keine Antwort geben kann. Gerade hinsichtlich der sanitären Zustände der Wohnungen werden solche Erhebungen immer mehr oder weniger an der Oberfläche bleiben. Diese zu erfassen, ist die Aufgabe der hygienischen Wohnungsenquête, wie sie von Karl Bücher im Jahre 1889 für die Wohnungsverhältnisse der Stadt Basel zuerst vorgenommen worden ist (s. Albrecht, Wohnungsstatistik und Wohnungsenquête in Weyls Handbuch der Hygiene, 1. Aufl.). Hierzu sind eine Anzahl Fragestellungen notwendig, die sich nunmehr auf die Anlage der Wohnung beziehen und auf den Zustand, in dem sie sich befindet. Wir geben als Beispiel eines solchen Fragebogens das von Kißkalt (Einführung in die medizinische Statistik, Leipzig 1919, bei Georg Thieme) angegebene Muster.

1. Ist die Wohnung in sich abgeschlossen? Oder münden die Zimmer einzeln auf einen Vorraum, der mit anderen Wohnungen gemeinsam ist? Ist er hell oder dunkel?

2.

	1	2	usw.	Vorraum	Küche
Länge					
Breite					
Höhe					
Rauminhalt					

3. Bewohner.

Geschlecht	Alter	Zugehörigkeit*)	Schläft in Zimmer Nr.
1.			
2.			
usw.			

4. Wie ist der bauliche Zustand der Wohnung?
5. Wie wird sie von den Bewohnern instand gehalten?
6. Wo wird die Wäsche gewaschen? Wo getrocknet? Wo die Kinderwäsche? Wenn in der Waschküche: Wieviel Familien benutzen sie außerdem.
7. Gehören zu der Wohnung: Balkon? (an Küche oder Wohnzimmer?) Terrasse? Logia? Garten oder Hof (Mitbenutzung)?

	Raum 1	2	usw.
8. Zahl der ins Freie gehenden Fenster			
Größe der ins Freie gehenden Fenster			
Zahl der nicht ins Freie gehenden Fenster			
Größe der nicht ins Freie gehenden Fenster			
In welcher Entfernung kann man in Tischhöhe den Himmel noch sehen? (Messung mit Taschenspiegel)			
Müssen die Fenster verhängt werden, damit nicht Fremde hineinsehen können?			

*) D. h. Familienangehöriger, Besuchsgast, Pflegekind, Dienstbote, Gewerbegehilfe, Zimmervermieter, Schlafgänger.

9. Feuchte Wände? Schwamm? Wenn ja: Ist das Haus zu neu? Liegt eine Wand an der Wetterseite? Steigt die Feuchtigkeit von unten auf? Kommt Feuchtigkeit durch Überfüllung? Durch Kochen?

10. (Nur bei Kellerwohnungen zu beantworten.) Ist der Straßenstaub so stark, daß die Fenster geschlossen werden müssen? Grenzt das Erdreich direkt an die Mauer? Oder umgibt ein ausgemauerter Graben das Haus? Wie tief ist er? Wie tief ist die obere Kante der Fenster darüber, die untere darunter?

11. Sind störende Geräusche vorhanden? Wodurch? Dauernd oder zeitweise? Erschütterungen, wodurch?

Wird die Luft von außen durch Rauch verunreinigt: Dauernd oder zeitweise? Durch üble Gerüche? Woher stammen diese? Dauernd oder zeitweise?

12. Ist Ungeziefer vorhanden? War es früher der Fall? Welcher Art? Wanzen, Kakerlaken, auffallend viele Fliegen im Herbst? Stechmücken?

13. Hat jeder Bewohner nachts eine eigene Lagerstätte? Wenn nicht, welche schlafen zusammen? Wieviel Betten, Sofas, Kinderwagen, Strohlager sind vorhanden?

14. Welche Zimmer (Angabe der Nummer) haben eine Heizvorrichtung? Welche können von diesen aus geheizt werden? Welche sind im Winter dauernd kalt? (Oder einfacher: wieviel direkt, indirekt heizbare, unheizbare Zimmer?)

Ist die Wohnung im Sommer sehr heiß? Durch Sonnenstrahlung? Durch Kamine?

15. Hat die Wohnung einen eigenen Abort? Wenn nicht, mit wieviel Haushaltungen und Personen ist er gemeinsam?

Für wieviel Wohnungen war er bestimmt? Liegt er im Hofe? Im Stiegenhause? In der Wohnung? Zugang vom Flur? Durch einen Wohnraum? Durch die Küche? Sind Mängel vorhanden? Hat er ein Fenster? Wasserspülung? Tonne? Eimer? Grube?

16. Hat die Wohnung einen Zapfhahn der Wasserleitung allein für sich? Wenn nein, mit wieviel Haushaltungen ist sie auf denselben Zapfhahn angewiesen?

Wird außerdem oder allein Wasser aus einem Brunnen entnommen? Wie ist er beschaffen? Wie weit ist er vom Hause entfernt?

17. Wohin wird das Abwasser ausgegossen? Wie wird der Müll gesammelt bis zur Abfuhr?

18. Wird in der Wohnung Handwerk oder Heimarbeit ausgeübt? Wenn ja, welche? In welchen Räumen?

19. Wie weit ist es bis zum nächsten Park oder freien Platz zum Spazierengehen?

Auf diese Weise wird also ein Einblick in die sanitären Zustände der Wohnung gewonnen, der, abgesehen von dem allgemeinen Interesse unter Umständen z. B. zu Epidemiezeiten von großer Wichtigkeit für die Frage der Entstehung und Weiterverbreitung der Seuche sein kann. Auf Einzelheiten einzugehen, würde hier zu weit führen, auch ist die Bedeutung des Einflusses der Wohnung auf die Gesundheit bereits im 1. Abschnitt dieses Kapitels ausführlicher gewürdigt worden und alles wesentliche hier bereits gesagt. Es ist dort auch darauf hingewiesen worden, daß der direkte statistische Nachweis des Einflusses ungesunder Wohnungen auf die Morbidität und Mortalität ihrer Bewohner nicht leicht zu erbringen ist. Es ist an sich schon

schwer, die Wohnungen zu bezeichnen, die als ungesund zu gelten haben, und es ist fast unmöglich, die Zahl der Bewohner in ungesunden Wohnungen zu ermitteln, da in diesen ein ganz bedeutender Wechsel ist. Auf die zahlreichen Fehlerquellen, die solchen statistischen Erhebungen anhaften, ist auch bereits hingewiesen worden. So wird meist nicht berücksichtigt, daß auf die Gesundheit der Insassen mangelhafter Wohnungen nicht bloß die Wohnung einen üblen Einfluß ausübt, sondern auch die Armut und insbesondere deren Folge: die mangelhafte Ernährung. Auf eine Fehlerquelle hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen Sterblichkeit und Wohnung macht besonders Flügge aufmerksam. Es handelt sich um die Bedeutung der Höhenlage einer Wohnung auf die Sterblichkeit ihrer Insassen, die durch die Todesfälle in den einzelnen Stockwerken zum Ausdruck gebracht ist. Flügge weist nun darauf hin, daß die Todesfälle in den Krankenanstalten nicht berücksichtigt worden sind. Während im Jahre 1885 noch 21% Gestorbene in den Krankenanstalten verstarben, betrug diese Zahl im Jahre 1910 bereits 48%. 1910 war also nur für die Hälfte der Gestorbenen die Wohnung bekannt und nur für diese Hälfte wurde die Verteilung auf Stockwerke berechnet. Deshalb erklärt sich die niedrige Zahl für die obersten Geschosse, weil die Krankenhäuser vorzugsweise von den wirtschaftlich ungünstiger gestellten Bewohnern der höchsten Stockwerke aufgesucht werden.

„Die Unmöglichkeit, die Abhängigkeit der Krankheit von der Wohnung zu ‚beweisen', ist nur eine Teilerscheinung der Tatsache, daß die Statistik überhaupt nichts beweisen kann; daß sie nur zum Wahrscheinlichmachen von Zusammenhängen geeignet ist. Bei der Frage des Zusammenhanges zwischen Wohnung und Sterblichkeit tritt dies besonders scharf hervor, da hier die Zusammenhänge einstweilen viel schwieriger zu demonstrieren sind, und die Zerlegung (Wohlstand, Ernährung, Beruf usw.) in vielen Fällen unmöglich ist.

Besser als durch das Aufsuchen von Zahlen über den Zusammenhang von Wohnung und Sterblichkeit wird die Frage der Wohnungshygiene durch die Feststellung der überfüllten und dunklen Wohnungen geklärt. Zwar gibt es auch hier Wohnungen, die von ihren Inhabern sauber gehalten werden und freundlich aussehen; aber die meisten Familien erliegen über kurz oder lang den ungünstigen Einflüssen. Nicht ob eine Wohnung überhaupt gut instand gehalten werden kann, sollte beachtet werden, sondern ob die Mehrzahl der Mieter nach ihrer Natur und der zur Verfügung stehenden Zeit dazu imstande ist; und darüber geben die Zahlen über den Wohnungsbau und die Belegzahl schlimme Auskünfte" (Kißkalt).

F. Biologie der Wohnung.

Die Bedingungen, die zur Ansiedelung von schädlichen und krankheitserregenden Mikroorganismen im Hause führen können, sind Feuchtigkeit, zersetzungsfähige organische Substanzen und Lichtabwesenheit. Über die Bedeutung von Feuchtigkeit und Licht ist bereits im allgemeinen Teil gesprochen worden. Zersetzungsfähige organische Substanzen gelangen aber einerseits mit dem Staub, andererseits mit dem Füllmaterial der Zwischendecken in die Wohnung. Der Staub rührt teils von den Hausgegenständen, Heiz- und Leuchtmaterialien, Kleidern, Küchenabfällen, von Dejekten von Gesunden und Kranken her, teils ist es Straßenstaub, der durch Fenster und Türen eindringt oder von den Bewohnern ins Haus

geschleppt wird und somit stets organische Substanzen enthält. In noch erhöhtem Maße gilt dies aber für das Füllmaterial der Zwischendecken. Hier wird beim Bau sehr viel gesündigt. Vielfach wird von vornherein verunreinigtes Material, z. B. Bauschutt vom Abbruch alter Gebäude, benutzt, angeblich weil es sich durch Trockenheit, schlechtes Wärmeleitungsvermögen und Feuersicherheit auszeichnet. Oft aber wird dieser Bauschutt außerdem noch mit dem Inhalt von Müllgruben, Asche, Kehricht und anderem zersetzungsfähigen Material des Haushalts vermischt oder sogar den öffentlichen Ablagerungsplätzen für Bauschutt entnommen. Aber selbst, wenn reines Material (Sand, Kies, Backsteine, Mörtel, Kohlenschlacken) verwendet wird, tritt stets eine nachträgliche Verunreinigung während des Baues auf durch Straßenstaub, Straßenschmutz beim Betreten und besonders durch die weitverbreitete Unsitte der beim Bau beschäftigten Arbeiter, ihren Urin und nicht selten auch ihre Fäzes in das resorptionsfähige Material der Zwischendecken zu entleeren. Da der Ausbau des Hauses noch Monate in Anspruch nimmt und inzwischen sehr viele Arbeiter beschäftigt sind, außerdem beim Bau und später durch Reinigungsarbeiten noch reichliche, die Zersetzung begünstigende Feuchtigkeit ins Füllmaterial gelangt, erklärt es sich, daß die Verunreinigungen erheblich sein können. So führen die Zwischendecken ein an organischen Stoffen, aber auch an vielen für Kleinlebewesen günstigen anorganischen Stoffen reiches, der Durchlüftung zugängliches, durch die Binnentemperatur des Hauses ausreichend temperiertes Material, welches unter diesen Umständen viele günstige Bedingungen für das Leben von saprophytischen Mikrobien in sich vereinigt und verschiedenartige Zersetzungen ermöglicht.

Die Zersetzungen durch Mikroorganismen führen zunächst zur Bildung von Salpeter und Kohlensäure. Ammoniak wird teils direkt in die Zwischenböden gebracht, teils von den Mikroorganismen aus dem Stickstoff der organischen Bestandteile oder durch Reduktion von Nitraten gebildet. Nitrifizierende Bakterien, die den Ammoniak zu salpetriger und Salpetersäure oxydieren, finden sich ebenfalls reichlich. Da ferner stets Kali und Natronsalze, Kalk und eventuell auch Magnesia im Bauschutt vorhanden sind, die sich mit der Salpetersäure verbinden, so sind die Bedingungen zur Salpeterbildung gegeben. Teils auf der Wirkung von Pilzen, teils auch auf rein chemischen Vorgängen beruht der sogenannte Mauerfraß. Es bilden sich dann bei Verwendung von chlor- und salpeterreichem Wasser für den Mörtel Effloreszenzen von hygroskopischen Salzen, Soda, Kalziumchlorid, Kalziumnitrat, also Salpeterbildung ohne Bakterien. Die Folgen sind Bröckligwerden des Kalkverputzes und Auflockerung des Mauerwerkes, wobei noch Frost, Hitze, Wechsel von Trockenheit und Nässe als mechanische Ursache eine Rolle spielen.

Ebenso kann die Bildung von Kohlensäure durch die Mikrobien veranlaßt werden und zur Anhäufung von Kohlensäure in der Zimmerluft führen. „Mit Rücksicht auf die Quelle dieser Kohlensäure kommt dieselbe nicht bloß als Kohlensäure in Betracht, sondern sie muß gerade so gut wie die Kohlensäure bewohnter Zimmer als Maßstab für den Grad gasartiger Verunreinigungen der Luft dienen. Für diesen Fall hat sich die von Pettenkofer angegebene Grenze von 1 pro mille gut bewährt, so daß die Verunreinigung der Zimmerluft durch die Zersetzungen in den Zwischendecken bisweilen als sehr stark bezeichnet werden muß. Budde untersuchte den Luftwechsel eines Zimmers im alten Krankenhaus in Kopenhagen, nachdem alle Fugen und Ritzen sorgfältig gedichtet und Wände

und Decken mehrmals mit Ölfarbe gestrichen worden waren, so daß die Ventilation sich durch den undichten Boden vollziehen mußte. Auch Budde fand in unzweideutiger Weise, daß die Kohlensäure, welche durch die Zersetzungen im Fußboden gebildet wird, die Kohlensäuremenge der Zimmerluft über jedes zulässige Maß zu steigern vermag" (Hueppe).

Zugleich mit der Kohlensäure können aber auch stinkende Fäulnisgase gebildet werden und in die Wohnung eindringen. Wenn auch dieselben entgegen der früheren Ansicht keine direkt schädigende Wirkung auf die Bewohner ausüben, so dürften sie doch durch üble Gerüche den Aufenthalt in den Wohnungen als unangenehm empfinden lassen. Außerdem bieten die in löslicher Form vorhandenen Fäulnisstoffe anderen Mikroorganismen neue Existenzbedingungen und ermöglichen so die Zersetzungen im Zwischenboden auf lange Zeit.

Die Feuchtigkeit in den Zwischendecken sowohl wie die anderen zur Durchfeuchtung der Wohnung führenden, im allgemeinen Teil bereits erwähnten Faktoren, wie durch unzweckmäßige Maßnahmen der Bewohner bewirkter, übergroßer Wasserdampfgehalt der Raumluft, Aufsteigen des Grundwassers usw. führen aber vor allem zur Ansiedelung von Schimmelpilzen in den Wohnräumen selbst, die sich an den Wänden, Tapeten, auf Kleidungsstücken und verschiedenen Gebrauchsgegenständen, ferner auf Nahrungsmitteln, vor allem Brot, ansiedeln können. Diese Schimmelpilze (hauptsächlich Penicillium) rufen die für feuchte Wohnungen so charakteristische modrige dumpfe Beschaffenheit der Luft hervor, die die Atmung beeinträchtigt.

Eine ungleich größere Bedeutung, nämlich durch Zerstörung des Holzes feuchter Wohnungen, besitzt jedoch unter den Fadenpilzen der Hausschwamm, früher gemeinhin als Merulius lacrimans bezeichnet. Nach den Untersuchungen von Falck sind jetzt zwei Arten zu unterscheiden, von denen der „echte Hausschwamm", Merulius domesticus, der wichtigste ist, und dem minder gefährlichen Merulius silvester gegenüber gestellt werden muß. Als weitere holzzerstörende Pilze kommen der „Porenhausschwamm" Polyporus vaporarius, der der Erreger der sogenannten Trockenfäule ist und dem Hausschwamm an Zerstörungskraft am nächsten steht, sowie der Keller- oder Warzenschwamm, Coniophora cerebella, in Betracht. Bei der Beschreibung der genannten Pilze folgen wir im großen und ganzen den Ausführungen von Flügge. „Während sich der Kellerschwamm bereits auf gesundem Holz in feuchten geschlossenen Räumen entwickelt und die häufige ‚Vorerkrankung' des Holzes bewirkt, kommen die anderen beiden Arten in der Regel erst auf solchem prädisponierten, ‚angegangenen' Holze zur Entwicklung. Auch die Erreger einer dritten Holzerkrankung, der ‚Lagerfäule', besonders Blätterschwamm- (Lenzites) Arten, entwickeln sich schon auf gesunden, in freier Luftlage gestapelten Hölzern und bereiten gleichfalls den Boden für Hausschwamm- und Trockenfäule-Wucherung nach dem Einbau vor. — Das Myzel dieser Pilze entwickelt sich zum Teil unsichtbar im Innern der Holzsubstanz, zum Teil an der Oberfläche in Form von oft sehr ausgedehnten Belägen oder Polstern; es liefert Fermente, die das Koniferin und die Zellulose des Holzes lösen. Ältere Vegetationskörper zeigen dabei die Tendenz, sich zu einzelnen ‚Strängen' oder ‚Strangbüscheln' zusammenzuschließen, welche die Nährstoffe aus den tieferen Partien nach der Oberfläche leiten und je nach ihrer Dicke, Farbe usw. Anhaltspunkte für die Bestimmung der Art und die Schätzung des Alters der Wucherung bieten. Mikroskopisch besteht das

Myzel aus farblosen Fäden, oft mit eigenartigen, knotigen, meist einseitigen Verdickungen, in welche je eine Querwand vorspringt. Diese ‚Schnallenzellen' (s. Fig. 14) wurden früher irrtümlich als für den echten Hausschwamm charakteristisch angesprochen. Aus den Oberflächenmyzelien entwickeln sich die ‚Fruchtkörper' (beim echten Hausschwamm in der Regel kuchenförmige, an der Unterseite von Decken und Dielen sitzende weiße Polster), auf denen sich das Sporenlager bildet. Die eigentlichen Fruchtträger sind die ‚Basidien', zahlreiche aufrechte, keulenförmige Hyphen-Endzweige, auf deren jedem 4 Sterigmen (s. Fig. 15) mit je einer ovalen, von einer dicken, pigmentierten (beim echten Hausschwamm gelbbraunen) Membran umgebene Sporen stehen. Diese Gebilde lösen sich einzeln los und werden schon durch feinste Luftströme, z. B. infolge geringer Temperaturunterscheide, überallhin weitergetragen. Hierdurch und durch die Bewohner schwammkranker Häuser, durch Handwerker, Haustiere usw. können sie auf zum Verbau bestimmte Hölzer gelangen. Häuser mit Fruchtkörperbildungen müssen daher als die wesentlichsten Infektionsquellen angesehen werden. Nicht selten gelangt auch schon angestecktes Holz (Kisten,

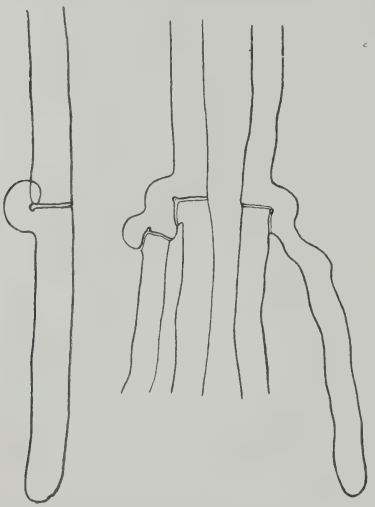


Fig. 14. Jugendliches Myzel mit Schnallenbildung (nach Hartig).

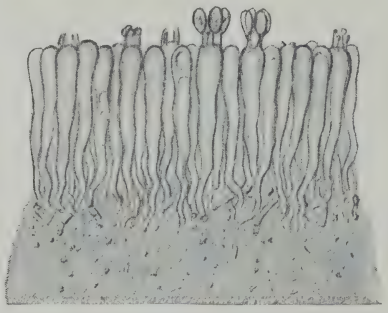


Fig. 15. Basidien mit Sterigmen und Sporen (nach Hartig).

Aus Flügge, Grundr. d. Hygiene, 10. Aufl. (Springer, Berlin).

Verschlagsbretter, Brennholz) von außen in die Häuser, besonders in die Keller, wo an den Berührungsstellen mit der feuchten Kellersohle und -wand oft die günstigsten Bedingungen für Schwammentwicklung und Fruchtkörperbildung gegeben sind."

Das vom Hausschwamm befallene Holz ist besonders in der Nähe eines Fruchtpolsters an seiner Oberfläche und im Innern feucht. Wo kein Wasser vorhanden ist, tritt Schwindung des Holzes ein. Mit völliger Zerstörung nimmt das Holz eine braune Färbung an, verliert an Gewicht, wird rissig, weist die charakteristische Querbrüchigkeit auf (s. Fig. 16) und wird schließlich so bröcklig, daß man es zwischen den Fingern zerreiben kann. Da die oberste wenige Millimeter starke dem freien Luftstrom ausgesetzte Schicht des Holzes anfangs wenig oder gar keine Veränderungen zeigt, so gewahrt das Auge den Zerstörer nicht eher, als bis eines Tages die scheinbar unversehrte Dielung zusammenbricht, die Täfelung von der Decke stürzt und die Balken ihre Tragfähigkeit verlieren.

Die Unterscheidung der Arten hat sich gegen früher durch die Untersuchungen von Falck, Moeller u. a., auf die hier wegen vieler Einzelheiten und der stark angewachsenen Literatur verwiesen werden muß, recht kompliziert gestaltet. Seit Hartigs grundlegendem Werke wurde die „Schnallenbildung", wie schon erwähnt, als für den echten Hausschwamm charakteristisch angesehen, doch kommt dieses Merkmal beiden Arten zu und auch beim Polyporus vor. Nach Ruhland und Mez weisen die Myzelien von Merulius eine größere Anzahl von Zellkernen auf, ferner sind die innerhalb der Stränge laufenden als „Leitröhren" und „Faserhyphen" bezeichneten Elemente durch ihre verschiedene Größe und Gestalt diagnostisch verwertbar.

Ein wichtiges Unterscheidungsmittel stellen die Temperaturwerte dar, unter denen das Wachstum stattfindet bzw. sistiert. Beim echten Hausschwamm, Merulius domesticus, liegt das Temperaturoptimum zwischen 16 und 22°, also der durchschnittlichen Haustemperatur, beim Merulius silvester und der Coniophora-Gruppe zwischen 22 und 26°, bei den Lenzitesarten zwischen 26 und 30° C. Derartige Untersuchungen lassen

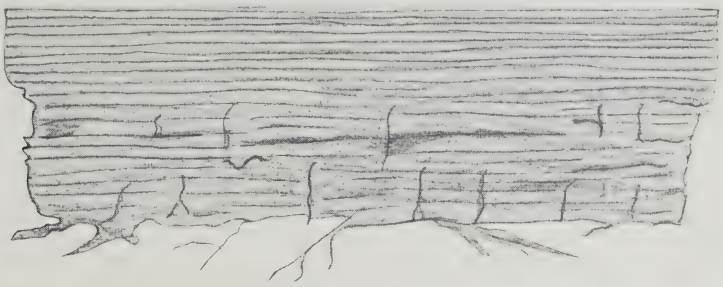


Fig. 16. Ein Fußbodenbrett, welches auf der oberen, der trockenen Luft ausgesetzten Seite noch ganz gesund, im unteren, der Füllung aufliegenden Teile völlig durch Hausschwamm zerstört ist. Letzterer bildet einen häutigen Überzug auf der Unterseite — (n. Hartig).

sich aber nur an Reinkulturen mit Sicherheit durchführen. Nach Falck können die Versuchsbedingungen dadurch einfacher gestaltet werden, daß man nur zu prüfen braucht, ob bei der maximalen Temperatur von 27° C ein Wachstum stattfindet oder nicht. „Man kultiviert bei 22° C und überzeugt sich von der Wachstumsfähigkeit des zu prüfenden Myzeliums. Eine andere Kultur stellt man zugleich in einen Thermostaten von 27° und beobachtet, ob das Wachstum hier etwa in der gleichen Art erfolgt wie bei 22°, oder ob es unterbleibt. Findet bei 22° üppiges Wachstum statt, während es bei 27° offensichtlich zurückbleibt bzw. völlig unterbleibt, so liegt, falls es sich überhaupt um einen Basidiomyzeten bzw. um ein Meruliusmyzel handelt, das echte Hausschwammyzel vor; andernfalls kommt die wilde Art bzw. die Myzelien aller übrigen Pilze in Betracht."

Zur Bekämpfung des Hausschwammes sind zunächst vorbeugende Maßnahmen zu beachten. Das Legen der Dielen soll erst erfolgen, wenn der Wassergehalt des Mauerwerks unter 8% gesunken ist. Es soll ferner die Verwendung lufttrockenen Holzes vorgeschrieben werden, Trockenfüllungen des Fehlbodens mit Kies und Sand erfolgen, die Balkenköpfe nicht eingemauert, sondern luftdicht gelagert, der Rohbau nicht vorzeitig geschlossen werden. Dann muß eine gründliche Lüftung der Zwischen-

decken durch Luftkommunikation mit dem Zimmerraum hergestellt werden. Für Teile des Hauses, die leicht der Feuchtigkeit ausgesetzt sein könnten, ist die Verwendung von imprägniertem Holz anzuraten. Falck hat ein explosionssicheres, billiges Dinitrophenolnatrium-Präparat („Mykanthin") 2—4% für eingebaute und Kieselfluormagnesium 5% für dauernd der freien Atmosphäre ausgesetzte Holzteile besonders empfohlen.

Wenn sich der Hausschwamm jedoch einmal angesiedelt hat, so dürfte Austrocknung nur noch wenig nützen, da der Pilz von sich aus die Feuchtigkeit erhält und auch auf trockenem Holze sich weiter entwickelt. Auch mit Infektionsmitteln ist ihm nicht beizukommen, da die einzelnen Myzelfäden von adhärierenden Luftschichten umgeben sind, die sie für wässerige Flüssigkeiten unbenetzbar machen. Dagegen hat Falck Versuche angestellt, den Pilz durch Temperaturen abzutöten und festgestellt, daß das Myzel des echten Hausschwammes seinem niedrigen Temperaturumfang (d. h. derjenigen Anzahl von Graden, innerhalb deren Wachstum stattfindet) entsprechend, bereits bei 34° innerhalb von 4 Tagen abgetötet wird. Bei 38° sind nur noch 3 Stunden, bei 40° 60 Minuten für die Abtötung erforderlich. Die Feststellungen beziehen sich aber nur auf die vegetativen Myzelien und die Fruchtkörper, für die Abtötung trockener Sporen kommen derartige Temperaturen nicht in Frage. „Da eine eingetretene Schwammkrankheit und ihre Fortdauer lediglich auf die Lebenstätigkeit der vegetativen Myzelien zurückgeführt werden muß, so kommt für eine Heilung erkrankter Häuser auch nur die Abtötung der lebenden Myzelien in Betracht. .... Können nun dem Hause bzw. Teilen desselben die verhältnismäßig niederen Temperaturen von 36—40° für kürzere Zeit durchweg erteilt werden, dann besitzen wir in dieser Fiebertemperatur ein natürliches Mittel zur Heilung schwammkranker Häuser" (Falck).

Eine gesundheitsschädliche Wirkung auf den Menschen vermag der Hausschwamm nicht auszuüben. Derartige früher geäußerte Ansichten wurden schon 1895 von E. Gotschlich einer Kritik unterzogen und auf Grund experimenteller Untersuchungen widerlegt.

Über die Rolle der Krankheitserreger in der Wohnung ist im Allgemeinen Teil bereits gesprochen worden. Es wurde darauf hingewiesen, daß pathogene Bakterien in der Wohnung keine Vermehrung erfahren. Man muß aber wohl damit rechnen, daß in dumpfen, verunreinigten, lichtlosen Wohnungen Infektionserreger, die von den Kranken in die Umgebung ausgestreut werden, länger an den Gegenständen haften als in sauberen, licht- und lufterfüllten Wohnungen, und daß daher die Infektionsgefahr für die Mitbewohner, die mit den Gegenständen in Berührung kommen, in solchen Wohnungen erhöht ist. Ebenso ist die Rolle des Staubes, besonders was den Tuberkelbazillus anbelangt, bereits ausführlicher erwähnt worden, und ich möchte daher auf das oben Gesagte hier verweisen.

Literatur.

(Siehe auch die Kapitel „Lüftung" und „Heizung".)

1) Albrecht, Wohnungsstatistik und Wohnungsenquête, in Weyl, Handb. d. Hyg., Bd. 4, 1. Auflage.
2) Ballner (Mörtelfeuchtigkeitsbestimmung), Arch. f. Hyg., Bd. 37.
3) Behrens-de Fries, Vom sparsamen Bauen. Verlag Bauwelt 1918.
4) Budde, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 12, 227 (1892).
5) Eberhardt, Handb. des Wohnungswesens, 3. Aufl. Jena 1917, Gustav Fischer.
6) Eichbauer, Ges. Ing. 1912, Bd. 48 (Wärmeableitung von Fußböden).
7) v. Esmarch, Hygienisches Taschenbuch, Berlin 1912, Jul. Springer.
8) Falck, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 55, S. 478 (1906).

9) Flügge, Großstadtwohnungen und Kleinhaussiedlungen 1916.
10) Ders., Lehrbuch der Hygienischen Untersuchungsmethoden. Leipzig 1881, Verlag Veith & Co.
11) Ders., Grundriß der Hygiene. Jul. Springer, 1927.
12) Flügge, R., Das warme Wohnhaus. Marhold 1926.
13) Gotschlich, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 20, S. 502 (1895) (Hausschwamm).
14) Gröber, H., Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1908 (Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen usw.).
15) Hartig, „Der echte Hausschwamm", 2. Aufl. 1902. Jul. Springer, Berlin.
16) Hencky, Über die Vermeidung von Schwitzwasser. Ges. Ing. 1917.
17) Ders., Über die Abnahmeprüfung von Wärmeschutzanlagen durch Messung der Oberflächentemperaturen. Ges. Ing. 1918, S. 601.
18) Ders., Der Wärmeverlust durch ebene Wände. Oldenbourg 1921.
19) Hoepfner, K. A., Die Lagerung städtischer Wohnungsblocks zur Himmelsrichtung.
20) Hueppe, F., Wohnung und Gesundheit in Weyl, Handb. d. Hyg., Bd. II, 1, Abt. 1912.
21) Kinoshita, Ges. Ing. 1916, Bd. 47 (Spez. Wärme).
22) Kißkalt, Einführung in die Medizinalstatistik. Leipzig 1919. G. Thieme.
23) Knoblauch, Die wissenschaftliche Grundlage des Wärmeschutzes. Bayr. Ind. u. Gewerbeblatt 1919, Nr. 7/8.
24) Knoblauch-Hencky, Der Wärmeschutz der Gebäude — ein Grunderfordernis sparsamer Bauweise (Sitzungsber. Reichsverbamd z. Förderung sparsamer Bauweise).
25) Korff-Petersen, Handb. d. soz. Hygiene (Gottstein, Schloßmann, Teleky) 1927, S. 146—255).
26) Ders., Besonnung der Häuser in städtischen Straßen. Zeitschr. f. Hyg. 1920, Bd. 91.
27) Ders., Bestimmung der Mörtelfeuchtigkeit (mit Kalziumchlorid), Zeitschr. f. Hyg. 1913, Bd. 75.
28) Ders., Hygienische Untersuchungen über neue Baustoffe usw. Zeitschr. f. Hyg., Bd. 89, S. 483.
29) Kröhnke und Mühlenbach, „Das gesunde Haus". Stuttgart 1902, Ferd. Enke.
30) Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene. Wiesbaden 1890, Verlag J. F. Bergmann.
31) Lehmann-Nußbaum (Mörtelfeuchtigkeitsbestimmung), Arch. f. Hyg., Bd. 9.
32) Markl (Mörtelfeuchtigkeitsbestimmung). Arch. f. Hyg., Bd. 34.
33) Mautner, Schallsichere Bauten. D. Vierteljahrsschr. f. öff. Ges. 1913.
34) Mez, „Der Hausschwamm", 1908.
35) Meyer, Wohnungsstatistik im Handwörterbuch d. Kommunalwissenschaft.
36) Mitteilungen a. d. Forschungsheim f. Wärmeschutz, München 1924, Heft 4, (Wärmeleitzahl bei Feuchtigkeitsbeeinflussung, Wärmeschutz).
37) Moeller, Hausschwammforschungen, in amtl. Auftrage herausgegeben. Jena 1907/12.
38) Morgenroth, Die Wohnungszählung deutscher Städte im Frühjahr 1925. Statistisches Jahrb. deutsch. Städte, 22. Jahrg. (N. F. 1. Jahrg., 3. Lief., 1926).
39) Nußbaum, Hygiene des Wohnhauses. Leipzig 1903.
40) Nüsselt, Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1908 (Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen usw.).
41) Poensgen, Ges. Ing. 1915, Bd. 45 (Hohlziegel).
42) Prausnitz, Grundzüge der Hygiene.
43) Ders. und Benndorf, Arch. f. Hyg. 1908, Bd. 66.
44) Prinzing, Handb. d. mediz. Statistik. Jena 1906. G. Fischer.
45) Rubner, Gruber, Ficker, Handb. d. Hyg., Bd. II, 1. Abt. 1927.
46) Ruhland, Arbeiten a. d. Kgl. Biol. Anstalt f. Land- u. Forstwirte, Bd. 5, S. 492 (1907); Bd. 8, S. 208 (1910).
47) Schwarz, Über Wohnungsfeuchtigkeit. Zeitschr. f. soz. Hyg., Fürsorge und Krankenhauswesen 1910, Bd. 10.
48) Spitta, O., Grundriß der Hygiene. Springer, 1919.
48a) Ders. u. Heise, Arb. a. d. Reichsgesundheitsamt 1910, 34 (Koksfeuer zur Bautentrocknung).
49) Trautwein, Arch. f. Hyg. 1915, Bd. 87. (Mörtelfeuchtigkeit.)
50) Die Wohnungszählung im Deutschen Reich vom 16. Mai 1927. Wirtschaft und Statistik 1927, 7. Jahrg., Nr. 16.
51) Versmann u. Fürst, Hygiene des Wohnhauses in Abel „Handb. d. prakt. Hyg.", Bd. 1, 1913.
52) Warnak, Die Reichswohnungszählung vom Mai 1918 in Preußen. Zeitschr. d. Preuß. Statist. Landesamtes 1919, 59. Jahrg.
53) Weigmann, Untersuchungen über den antirachitischen Faktor. Habilitationsschrift, Kiel 1927.
54) Willim, Zeitschr. f. Hyg. 1908, Bd. 62.

Erregung, Ermüdung und Methoden zum Nachweis derselben bei geistiger und körperlicher Betätigung

unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitshygiene.

Von

H. Griesbach, Gießen.

Mit 37 Abbildungen im Text.

A. Erregung und Ermüdung in Beziehung zu Reizen und Selbststeuerung.

Es gibt zwei zum funktionellen Verhalten lebender Zellen und Gewebe in Beziehung stehende, durch Reize hervorgerufene Vorgänge, von denen der eine als primäre Reizwirkung in Funktionssteigerung, der andere als sekundäre Reizwirkung in Funktionshemmung zum Ausdruck kommt. Ersterer Vorgang heißt Erregung, letzterer Ermüdung. Der primären und sekundären Reizwirkung entsprechend ist Ermüdung stets eine Folge von Erregung, eine Tatsache, der bei der Ausübung jeglicher Arbeit große Bedeutung zugeschrieben werden muß. Für die Eigenschaft lebender Systeme, mit bestimmten Veränderungen ihrer Beschaffenheit auf Reize zu reagieren, hat man den Namen Reizbarkeit oder Irritabilität gewählt. In bezug auf Erregung wird diese Reaktionsfähigkeit als Erregbarkeit, in bezug auf Ermüdung als Ermüdbarkeit bezeichnet. Beide sind abhängig von der Reizstärke und vielleicht an eine Art Quellung bestimmter Kolloide gebunden; beide können individuell in geringerem oder höherem Grade vorhanden sein.

Beim Aufhören der Reize werden die durch diese hervorgerufenen Veränderungen im Verhalten von Zellen und Geweben durch sogenannte Selbststeuerung (Hering, W. Roux) des Organismus aufgehoben, das biologische Gleichgewicht kehrt zur Norm zurück, Erregung und Ermüdung weichen der Beruhigung und Erholung. Über die Ursache der Selbststeuerung sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden, ohne daß dadurch das Problem endgültig geklärt wurde. Nach Verworn kommen dafür bestimmte Stoffe in Betracht, die er Biogene nannte, kompliziert gebaute, leicht zerfall- und restituierbare Eiweißverbindungen des lebenden Protoplasmas. Diese Biogenhypothese wird unter anderem von F. Gowland Hopkins abgelehnt. Nach anderen Forschern sollen intrazelluläre Enzyme bei der Selbststeuerung beteiligt sein, die als Katalysatoren wirken, ein Ausdruck, der von Berzelius herrührt. Wieder andere Forscher fassen die Selbststeuerung als Wirkung einer spezifischen Energie auf, die ihre höchste Ent-

faltung im Schlaf findet, der als Hemmungsphänomen von einem hypothetischen Zentrum im Hirnstamm ausgehen und auf Volumveränderungen neuronaler Elemente zurückführbar sein soll. Abgesehen davon, daß die Annahme einer besonderen Energieform völlig in der Luft schwebt, dürften sich bei unserer mangelnden Kenntnis vom Wesen des Schlafes, der allerdings erfahrungsgemäß bei der Restitution in obigem Sinne durch Herabsetzung aller geistigen und körperlichen Funktionen die erste Rolle spielt, Versuche, etwas Unbekanntes durch anderes Unbekanntes erklären zu wollen, als müßig und vergeblich erweisen. Nur auf Eines, das nahe liegt, möge hingedeutet werden. Ein Versagen der Selbststeuerung dürfte vielleicht die Ursache sehr hochgradiger Erregungs- und Ermüdungszustände bilden, die zu irreparabelen Störungen des Organismus führen können.

B. Wesen und Arten der Reize.

Es war von Reizen die Rede, durch welche die zur Erregung bzw. Ermüdung führenden Veränderungen hervorgerufen werden. Reize sind Äußerungen der Energie. Es muß daher so viele Arten von Reizen geben, als man Energietransformationen kennt. Eine Definition des Reizes muß Angaben über das Wesen desselben und über die unter seinem Einfluß entstehenden Folgen enthalten. Diesem Erfordernis wird sie gerecht, wenn sie sowohl auf stoffliche als auch auf dynamische Prozesse in der lebenden Substanz Rücksicht nimmt. An deren Stoffwechsel sind nämlich zwei innig ineinandergreifende Vorgänge beteiligt, der eine mit Abgabe, der andere mit Aufnahme bestimmter Stoffe, und zwar in der Weise, daß, falls kein Reiz einwirkt, in der Zeiteinheit genau so viel abgegeben als aufgenommen wird. Bezeichnet man, wie üblich, den ersteren Vorgang als Dissimilation, den letzteren als Assimilation, so herrscht Gleichgewicht, wenn der Quotient Assimilation/Dissimilation, den Verworn Biotonus nannte, = 1 ist. Die Definition für Reiz würde daher kurz lauten: Reiz ist ein energetischer Vorgang, der das Gleichgewicht der lebenden Substanz stört, d. h. den Biotonus unter- oder überwertig macht (vgl. Bürker). — Reize können von der Außenwelt her auf den Organismus einwirken, sie können aber auch im Innern desselben entstehen. Sie können die lebende Substanz direkt oder indirekt treffen. Letzteres ist der Fall, wenn sie zunächst auf die Umgebung derselben einwirken, welche sie auf das eigentliche Reizgebiet überträgt. Doch ist diese Unterscheidung, die von Mangold herrührt, und damit auch seine Bezeichnung für den ersteren Treffpunkt als den Suszeptionsort, für den letzteren Treffpunkt als den Rezeptionsort, deswegen überflüssig, weil sie im Wesen der Reizwirkung nichts ändert. Um wahrnehmbare Wirkungen hervorzurufen, müssen Reize am Angriffspunkt eine bestimmte Stärke, die Reizschwelle, erreichen. Auch schwache, sogenannte unterschwellige Reize vermögen Wirkungen auszulösen. In diesem Falle werden letztere aber erst wahrnehmbar, wenn eine Summation derselben erfolgt.

Vom Angriffsfeld der Reize breiten sich die unter ihrer Wirkung entstehenden Veränderungen per contiguitatem aus. Daß alle lebenden Gewebe, besonders auch Blut und Lymphe, sich an der Ausbreitung beteiligen können, unterliegt keinem Zweifel. Die Erregungsausbreitung scheint ihre größte Vollkommenheit jedoch im Nervensystem zu erreichen. Je größer die Erregbarkeit ist, je durchgreifender sich die durch Reize hervorgerufenen Veränderungen gestalten, desto schneller erfolgt im allgemeinen die Aus-

breitung der letzteren. Bei der Ermüdung ist in Betracht zu ziehen, daß dabei auftretende chemische Veränderungen selbst als Reize auftreten können. Daß sich örtlich zwischen Erregung und Ermüdung ein sogenanntes Refraktärstadium einschiebt, in welchem sich eine Herabsetzung der Erregbarkeit bemerklich macht, und das daher von einigen Forschern bereits als Ermüdung gedeutet wird, ist experimentell nachgewiesen worden, z. B. für das Herz von Bowditsch, Kronecker, Marey, Engelmann, für die Hirnrinde von Broca und Richet, für verschiedene Reflexe von Zwaardemaker, Verworn und Dodge, für Skelettmuskeln von Buchanan und Lucas. Einige Forscher nehmen an, daß die an einer bestimmten Stelle auftretenden, Ermüdung bewirkenden Veränderungen sich von dort aus nicht weiter ausbreiten. Demgegenüber ist darauf hinzuweisen, daß sich z. B. zerebrale Ermüdungserscheinungen auf Sinnesorgane und Körpermuskulatur erstrecken können. Es ist daher durchaus gerechtfertigt, nicht nur eine Erregungsleitung, sondern auch eine Ermüdungsleitung, die ihrem Wesen nach allerdings von ersterer abweicht, in den Geweben anzuerkennen. Zu den der Außenwelt entstammenden Reizen sind mancherlei Ereignisse zu rechnen, die sogenannte psychische Emotionen: Affekte verschiedener Art, Lust- und Unlustgefühle, Freude, Trauer, Angst, Schreck, Verlegenheit, Scham, auslösen. Daß der Ablauf solcher seelischer Erlebnisse nach Erregung kortikaler Zentren durch Vermittelung des Zwischenhirns (Schrottenbach, Greving, L. R. Müller) auch das vegetative Nervensystem in Miterregung versetzt, ergibt sich z. B. aus dem Pupillenspiel, aus dem Verhalten der Gefäßmuskulatur und des Blutdruckes, aus der Ausscheidung von Schweiß, aus der spontanen Entleerung von Blase und Darm.

Als Beispiele für Erregungen durch Reize, die in Form von Giften aus der Umwelt in den Körper eindringen, seien genannt der bei gewissen gewerblichen Beschäftigungen mit Quecksilber auftretende Erethismus mercurialis, die exaltativen, deliranten, halluzinatorischen Zustände nach Aufnahme von Schwefelkohlenstoff, die Encephalitis saturnina und das Vorkommen von Zwangslachen und Zwangsweinen und anderen mimischen Äußerungen bei Arbeitern, die sich mit der Aufbereitung und Zerteilung von Braunstein beschäftigen. In manchen dieser Fälle geht die Erregung direkt vom Zwischenhirn aus.

Unter den im Inneren des Körpers entstehenden Reizen spielen gewisse Hormone eine Rolle. Von dem im Nebennierenmark enthaltenen, in das Blut sezernierten Adrenalin, das zu Funktionen des vegetativen Nervensystems in Beziehung steht, weiß man aus Versuchen mit Extrakten der Marksubstanz und mit dem synthetisch dargestellten Stoff, daß es durch Angriff an den Endigungen des Sympathikus die Vasokonstriktoren, ausgenommen an Gehirn- und Koronargefäßen, erregt, womit eine Erhöhung des Blutdruckes verbunden ist. Nach Langley soll die Wirkung durch Vermittelung einer rezeptiven Zwischenstelle erfolgen, die Elliot als myoneurale Schicht, Biedl als Myoneuraljunktion bezeichnete. Durch zentrale Erregung des Accelerans des Herzsympathikus ruft Adrenalin Beschleunigung und Verstärkung des Herzschlages hervor. Ferner bedingt es vagale Parasympathikuserregung, wodurch infolge von Dilatatorenbeeinflussung Blutdrucksenkung sowie auch Verlangsamung des Herzschlages erfolgt. Möglicherweise handelt es sich bei dieser inversen Wirkung um zentrale Vaguserregung, wobei die Erregung des Sympathikus, welche in bezug auf Adrenalin die des Vagus übertrifft, gehemmt bzw. aufgehoben wird (Amsler). Nach Kylin soll an dem Ausfall der Adrenalinwirkung der Gehalt des Blutes an Kalium- und Kalziumionen beteiligt sein. Bei hoher K/Ca-Quote fand er die Adrenalinreaktion fast immer vagoton, bei niederer Quote sympathicoton. Geschlossen sind die Akten über diese Dinge noch nicht. Von anderen dem Adrenalin zukommenden Reizwirkungen wird hier abgesehen.

Das in der Darmwand enthaltene Hormon Cholin (Le Heux) erregt durch Vermittelung parasympathischer Vagusendigungen vom Auerbachschen Plexus aus die Muskulatur des Darmes, wodurch die Peristaltik desselben verstärkt wird. Ein Herzhormon, das sich nach Haberlandt im Sinus- und Atrioventrikularknoten sowie im Hisschen Bündel befinden soll, regt das Reizleitungssystem des Herzens zu ge-

steigerter Tätigkeit an. Diese Beispiele mögen zur Erläuterung hormonaler Erregungen hier genügen.

Auch Arbeit ist als energetischer Vorgang wie ein Reiz aufzufassen. Je nachdem es sich um Betätigung intellektueller Fähigkeiten oder der Skelettmuskulatur handelt, läßt sich eine geistige und körperliche Arbeit unterscheiden. Hierbei ist jedoch zu bemerken, daß bei letzterer geistige Verrichtungen keineswegs ausscheiden. Es gibt mancherlei körperliche Arbeit, die um so mehr apperzeptive und assoziative Vorgänge erfordert, je schwieriger ihre Ausführung sich gestaltet. Wollte man die Arbeit hinsichtlich der durch sie erzielten Leistung in Form einer Kurve graphisch zur Darstellung bringen, wie es schon E. Kraepelin versuchte, so müßte man dabei alle diejenigen Umstände berücksichtigen, welche den Verlauf der Kurve, einerlei ob sie geistige oder körperliche Arbeit veranschaulichen soll, beeinflussen können. Zu diesen Momenten gehören z. B. Antrieb, Gemütsverfassung, Willensspannung, Übung, Gewöhnung. Aber man darf nicht wie Thorndike in die Arbeitskurve metaphysische Begriffe, z. B. Befriedigung (Satisfaction), hineindichten, welche die einzelnen, die Arbeit beeinflussenden Faktoren zusammenschweißen soll.

Da auf den Organismus fortwährend von den verschiedensten Angriffsgebieten aus Reize einwirken, entsteht die Frage, wie sich ihre Wirkungen beim Zusammentreffen (Interferenz) verhalten. Folgende Möglichkeiten kommen dabei in Betracht. Durch gleich- oder verschiedenartige Reize, die an gleichen oder verschiedenen Gebieten angreifen, können die Wirkungen gesteigert oder vermindert werden, so kann z. B. die durch einen bestimmten Reiz verursachte Erregung von Ganglienzellen, Nerven- oder Muskelfasern durch eine anderweitige Erregung gefördert oder abgeschwächt, sowie auch durch Ermüdung gehemmt oder doch verdeckt werden. Auch vermag die Erregung die Ermüdung zu verdecken oder zu hemmen. Es besteht somit ein außerordentlich kompliziertes Ineinandergreifen beider.

C. Theorien über das Wesen der Erregung.

Ich komme jetzt auf die Art der Veränderungen zu sprechen, die man als Ursache der Erregung in Zellen und Geweben betrachtet. Darüber haben hauptsächlich Beobachtungen an Lösungen und Versuche an frischen, aus dem Körper von Tieren isolierten Nerven- und Muskelpräparaten zur Aufstellung verschiedener Theorien geführt (Nernst, Hill, Höber, Overton, Bethe, J. Loeb, Lasareff u. a.).

Da alle Zellen und Gewebe in Berührung mit Lösungen stehen, nimmt man an, daß die seitens der Reize hervorgerufenen Erregungsvorgänge durch das Verhalten von Ionen, die bereits vorhanden sind oder sich erst bilden (Präexistenz- und Neoformationshypothese), an kolloidbeschaffenen Membranen zustandekommen, aus denen die Oberflächen aller protoplasmatischen Gebilde, besonders auch die Neuronensynapsen bestehen.

Durch elektive Wirkung, welche die genannten Membranen auf Adsorption, Zurückhaltung und Durchtritt von Ionen ausüben, entstehen auf beiden Seiten der Membranen schichtenweise Konzentrations- und Wanderungsgeschwindigkeitsänderungen der Ionen, worauf auch die Art und Stärke ihrer Ladung von Einfluß ist. Derartige Änderungen, besonders der sehr beweglichen Wasserstoffionen sowie der Hydroxylionen, sollen die unmittelbare Ursache der Erregung bilden. Zunahme der Wasserstoffionenkonzentration soll erregbarkeitssteigernd, Abnahme derselben erregbarkeits-

vermindernd wirken (Bethe, 1916, S. 371). Nach Lasareff und V. Henri sind an dem Zustandekommen der Erregung im Zusammenhang mit Konzentrationsänderungen von Ionen auch Veränderungen des Aggregatzustandes beteiligt.

Außer den genannten Ionen kommen noch andere in Betracht.

Daß bei dem nach F. H. Lewy unter dem Einfluß zerebraler Innervation (Striatum, Substantia nigra) sowie unter dem des vegetativen Nervensystems ohne spontane Erregungen dauernd vorhandenen Tonus muskulärer Elemente Kalium- und Kalziumionen eine wichtige Rolle spielen, scheint keinem Zweifel mehr zu unterliegen. Nach Neuschloß wirken Kaliumionen erhöhend, Kalziumionen herabsetzend auf den Muskeltonus.

Das Kalziumion steigert auch z. B. die hemmende Wirkung des Vagus auf das Herz und erhöht die Erregungsleitung in Nerven und Muskeln. Das Kaliumion, das unter allen Kationen mit Ausnahme der Wasserstoffionen die größte Wanderungsgeschwindigkeit besitzt, verhält sich in seiner Wirkung antagonistisch zu der des Kalciumions.

Nach Zwaardemaker und seinen Mitarbeitern trägt zur Autonomie des Herzens, zur vasomotorischen Erregbarkeit und anderen Erregungsvorgängen das Kalium durch seine radioaktive Eigenschaft bei. Hierfür sprechen Beobachtungen Zwaardemakers, die ergeben haben, daß nach Kaliumentziehung Radiumbestrahlung in der gleichen Weise wirkt.

Im übrigen geben die Hypothesen über die möglicherweise sehr verschiedene Wirkung ionaler Vorgänge bei den einzelnen Arten von Erregungen, insbesondere auch bei den sogenannten psychischen Emotionen, bisher noch keinen genügenden Aufschluß. Sicher ist jedoch, daß Trennung von Ionen mit verschieden elektrischer Ladung Potentialdifferenzen hervorruft. So erklärt es sich, daß jede Erregung bei ihrer wellenförmigen Ausbreitung in unverletztem Gewebe vom Auftreten eines zweiphasischen elektrischen Stromes, des sogenannten Aktionsstromes, begleitet wird, indem ionentrennende membran- und faserartige Flächen kolloider Struktur sich elektrodenähnlich, und erregte Gebiete unerregten gegenüber sich negativ verhalten.

Die am Aktionsstrom unverletzter Gewebe unterscheidbaren zwei Phasen (Hermann, J. Bernstein, A. v. Tschermak) beziehen sich auf die Stromrichtung. Bei der ersten Phase fließt der Strom innerhalb des Gewebes gleichsinnig mit der Fortpflanzungsrichtung der Erregung vom aktivierten Gebiet als negativem Pol zum inaktiviertem Gebiet als positivem Pol. Sobald sich die Erregungswelle bis zu letzterem ausgebreitet hat und ersteres zur Ruhe zurückgekehrt ist, setzt die zweite Phase ein, d. h. es erfolgt ein Strom in entgegengesetzter Richtung. Außerhalb des Gewebes in einem damit verbundenen Leitungskreis spielt sich der Vorgang in beiden Phasen in umgekehrter Richtung ab.

Daß Erregung auch ohne Auftreten von Aktionsströmen vorkommen könne, stellte schon Keith Lucas 1912 in Abrede.

D. Theorien über das Wesen der Ermüdung.

Die erfahrungsgemäß durch körperliche oder geistige Betätigung entstehende Ermüdung befällt im ersteren Falle hauptsächlich die Skelettmuskeln, im letzteren Falle besonders die nervösen Zentren im Gehirn und ihre Leitungsbahnen. Da aber körperliche und geistige Funktionen in Beziehung zueinander stehen, so kann mit körperlicher Ermüdung auch geistige und mit geistiger Ermüdung auch körperliche verbunden sein. Wir dürfen diese Vorstellung noch verallgemeinern, und auf alle Zellen, Gewebe und Organe übertragen. Damit sind wir zur Annahme berechtigt, daß der Gesamtorganismus ermüden kann. Was die Ursache der Ermüdung betrifft, ist man der Ansicht, daß sie auf Zerfallsprodukte (Ermüdungsstoffe oder Ponogene, gr. *ὁ πόνος, die Ermüdung, πονέω, sich anstrengen, durch*

Arbeit aufgerieben werden) zurückzuführen ist, die sich während der Ausführung von Arbeit bilden und erregbarkeitsherabsetzende und lähmende Wirkungen ausüben, die teils lokal auftreten, teils von Zentralstationen ausgehen und sich über die verschiedensten Gewebselemente und Organe ausbreiten. Auf diese Weise kommt es zu einer Beeinträchtigung der Arbeitsleistung, die so lange anhält, bis durch ausgleichende Vorgänge die Zerfallsprodukte beseitigt werden.

Im Nervensystem befällt die Ermüdung teils die Zellen der Zentren, teils die Synapsen (Sherrington), die ihr auf verschiedenen Wegen zugänglich sind. Die innerhalb physiologischer Breite sich geltend machende Ermüdung ist als zweckmäßiger Vorgang aufzufassen, weil sie den Organismus vor übertriebener Beanspruchung schützt. Tritt bei einer Arbeit, die innerhalb einer bestimmten Zeit ausgeführt werden muß, oder an den Organismus außergewöhnlich hohe Anforderungen stellt, bei Steigerung der Willensspannung, die durch allerhand Triebkräfte, wie Pflicht- und Verantwortungsgefühl, auch Ehrgeiz oder Aussicht auf pekuniären Gewinn aufrechterhalten wird, Nichtachtung des als Warnungssignal dienenden Ermüdungsgefühles und Zurückdrängung des Erholungsbedürfnisses ein, so erfolgt statt Beseitigung der Ermüdungsstoffe Verbleib und Anhäufung derselben, und es kommt unter schließlichem Versagen der Willenstätigkeit um so schneller zu schweren, in neurasthenische und myasthenische Zustände ausartenden Schädigungen des Organismus, je öfter sich die Übermüdung verursachenden Momente bei Arbeitsleistungen wiederholen.

Über die Ermüdungsvorgänge und die dabei in Betracht kommenden Stoffe im Nervensystem und der glatten Muskulatur liegen unsere Kenntnisse noch völlig brach. Durch Untersuchungen an sorgfältig aus dem Tierkörper isolierten und gereizten Skelettmuskeln, sowie auch an intakten Muskeln, die erst nach künstlicher Ermüdung von Tieren diesen entnommen wurden — wobei jedoch zu bemerken ist, daß die Bedingungen, unter welchen solche Untersuchungen ausgeführt werden, andere sind als die normalen Lebensbedingungen —, ließ sich die Anwesenheit von Milchsäure im Muskelgewebe feststellen, die sich in um so größerer Menge bildete, je weiter die Ermüdung fortgeschritten war. Es ließ sich auch zeigen, daß diese Säure im Zustande der Erholung bei Gegenwart von Sauerstoff verschwand. Fehlte dieser, wurde der ausgeschnittene Muskel z. B. in einer Atmosphäre von reinem Wasserstoff bis zur Ermüdung gereizt, so blieb die Erholung des Muskels aus, und ein Verschwinden der Milchsäure trat nicht ein. Aus solchen Versuchen zog man den Schluß, daß die Milchsäure, auf deren Vorkommen im Muskel nach ermüdender Tätigkeit desselben besonders Fletcher und Hopkins die Aufmerksamkeit lenkten, bei größerer Anhäufung die Ursache der Skelettmuskelermüdung bilde (vgl. auch Matsuoka). Für den Eintritt der Ermüdung und Erholung sind zwei verschiedene Vorgänge in Betracht zu ziehen. Der eine Vorgang stellt eine Arbeitsreaktion dar, in deren Verlauf sich die Milchsäure bildet, der andere, zur Erholung führende Vorgang, beruht auf Beseitigung der Milchsäure, teils durch Ausschwemmung seitens des Blutes und Ausscheidung im Harn (Ryffel), teils durch Oxydation (Fletcher und Hopkins, Parnas, Wacher). Bei Mangel an Sauerstoff aus dem Blut wird die Oxydation verzögert, und ein Teil der Milchsäure entzieht sich derselben. Dafür spricht, daß mit vermindertem Sauerstoffdruck und unzureichender Sauerstoffsättigung des Blutes in großen Höhen der Eintritt der Ermüdung beschleunigt und ihr Grad verstärkt wird (C. G. Bruce: Mount Everest-Expedition,

Ballon- und Flugzeugfahrten), sowie daß durch künstliche Sauerstoffzufuhr diese Erscheinungen verhindert werden können. Die Frage nach der Herkunft der Milchsäure im Muskel führte zu weiteren Forschungen, die sowohl über Ermüdung und Erholung desselben als auch über die Quelle der Muskelkraft Aufschluß zu geben versuchten. An diesen Forschungen sind unter anderen besonders Fletcher, Hill, Verzar, O. Meyerhof und Embden beteiligt.

Während man früher der Meinung war, daß der Muskel durch Verbrennung des in ihm enthaltenen Glykogens mittels des ihm zugeführten Sauerstoffes nach Art einer Wärmemaschine Arbeit leiste, weiß man heute, daß die Muskeltätigkeit ein anaerober Vorgang ist, und daß Sauerstoff nur zur Beseitigung der dabei auftretenden Milchsäure dient, indem er diese zum Teil zu Kohlensäure oxydiert, zum Teil in das Kohlehydrat, aus dem sie stammt, zurückführt.

Hill vergleicht den Muskel mit einem Akkumulator und schreibt ihm potentielle Energie zu, welche sich entladen kann und durch einen oxydativen Vorgang während der Erholung ersetzt wird. E. Baur hat ein Muskelmodell angegeben, welches diese Bedingung erfüllt. Später ersetzte er es jedoch durch ein anderes, welches so beschaffen war, daß die Spannung infolge der Reizung durch eine mit dieser gleichzeitig einsetzenden Oxydation sich entwickelte.

Embden und seine Mitarbeiter fanden, daß auch Phosphorsäure bei der Kohlehydratumsetzung im Muskel eine wichtige Rolle spielt. Nach Embden wird bei ermüdender Arbeit neben Milchsäure Phosphorsäure gebildet, und zwar stammen beide Säuren aus der gleichen Substanz, die als eine Hexosediphosphorsäure, eine isolierbare Verbindung von einer Molekel Hexose und zwei Molekeln Phosphorsäure erkannt und, weil sie der Ursprungsstoff der Milchsäure ist, Laktazidogen genannt wurde. Die darin enthaltene Hexose scheint Lävulose zu sein. Beim Zerfall des Laktazidogens entstehen neben zwei Molekeln Milchsäure aus der Lävulose zwei Molekeln Phosphorsäure. Die Kontraktions- und Arbeitsfähigkeit des Muskels wird der Wirkung der Milchsäure zugeschrieben. Bei der Erholung des Muskels wird die Milchsäure normalerweise, d. h. soweit sie sich bei schwerer Arbeit nicht als Ermüdungssubstanz anhäuft, in Hexose zurückverwandelt, und unter Beteiligung von Phosphorsäure, deren durch den Harn ausgeschiedener Teil durch Phosphorsäure der im Körper vorhandenen Phosphatide ersetzt wird, regeneriert sich das Laktazidogen. Kurz zusammengefaßt verlaufen die Vorgänge im Skelettmuskel in der Weise, daß nach Erregung des Muskels, die ihm auf dem Wege der Nervenleitung zufließt, Ionen in die für diese permeabel werdenden Fibrillen eindringen und ohne Zutun von Sauerstoff den Laktazidogenzerfall hervorrufen. Wahrscheinlich bewirkt die freigewordene Milchsäure, bevor sie durch Anhäufung als Ermüdungssubstanz Geltung gewinnt, die Kontraktion der Muskelfasern unter Beteiligung von Quellungserscheinungen derselben (vgl. E. Ernst). Gleichzeitig neutralisiert sie Alkaliprotein. Freiwerdendes Säureprotein zerlegt Bikarbonate unter Ausscheidung von Kohlensäure, und das wiederhergestellte Alkaliprotein hebt den Kontraktionszustand der Muskelfasern auf. Während des Erholungszustandes tritt nun Sauerstoff in Aktion. Durch Oxydation wird ein Teil der Milchsäure in Kohlensäure übergeführt, wobei durch Bildung von Bikarbonaten die Alkaleszenz des Blutes verhindert wird. Der Hauptteil der Milchsäure wird zur Rückbildung von Laktazidogen verwandt (vgl. O. Rieß er S. 57). Über Einzelheiten bei allen diesen Vorgängen gehen die Ansichten der Autoren noch auseinander. Es mangelt an Raum

und ist auch für unsere Zwecke von geringerem Interesse, darauf hier näher einzugehen. Von Wichtigkeit für die Arbeitshygiene ist jedoch die Frage, ob es möglich ist, bei anstrengenden Arbeitsleistungen auftretende Phosphorsäureverluste durch Verabreichung von Phosphaten per os zu decken und der Ermüdung dadurch oder durch andere Präparate vorzubeugen. Darüber später.

Bürgi will an elektrisch gereizten Muskeln Ermüdungserscheinungen beobachtet haben, die sich nicht auf Milchsäureanhäufung, auch nicht auf Glykogenmangel, den Kobayashi dafür verantwortlich machte, zurückführen lassen. Pratt sowie L. und M. Lapique und Gruber sind der Ansicht, daß die Ermüdung der Muskeln auch einfach durch Abnahme ihrer Erregbarkeit oder auf Versagen der Erregungsleitung an der myoneuralen Schicht erklärt werden könne. Denkbar ist es auch, daß die Ermüdung durch Bildung von Toxinen im Körper hervorgerufen wird. Auf letztere Möglichkeit bezieht sich die Theorie von Weichardt.

Schon Mosso zeigte, daß Blutserum eines ermüdeten Tieres, einem normalen Tier injiziert, bei diesem Ermüdungserscheinungen hervorruft. Legendre und Piéron übermüdeten Hunde und fanden nach Tötung derselben in den Ganglienzellen der Hirnrinde Vakuolenbildung, Schrumpfung und Verlagerung des Kernes und Schwund der Nissl-Lenhossekschen Tigroidschuppen. Göthlin bestätigte diese Befunde. Wurde Serum oder Liquor ermüdeter Hunde nichtermüdeten Tieren in den 4. Ventrikel eingespritzt, so zeigten sich bei der mikroskopischen Beobachtung der genannten Zellen die gleichen histologischen Veränderungen.

Nach A. von Herwerden sollen die Nissl-Schollen aus Nukleoproteiden bestehen und durch Nuklease zum Verschwinden gebracht werden. Ob und inwiefern dieser Vorgang zu den durch Ermüdung hervorgebrachten Zellveränderungen in Beziehung steht, ist nicht untersucht worden.

Aus den erwähnten Versuchen schloß man, daß in den Gewebsflüssigkeiten ermüdeter Tiere Stoffe enthalten sein müßten, welche die genannten Wirkungen hervorbringen. Nach Weichardt sind solche Stoffe sogar in der Exspirationsluft ermüdeter Personen enthalten. Er und Gellhorn haben auch im Harn Ermüdeter ähnliche Stoffe gefunden. Nach Weichardt sind die Ermüdung bewirkenden Substanzen hochmolekulare Spaltungsprodukte von Eiweißkörpern, er isolierte sie und nannte sie Ermüdungsgifte oder Kenotoxine (*κενόω* erschöpfe). Durch Injektion geringer Dosen von Kenotoxin erzeugte Weichardt bei Tieren ein ebenfalls isolierbares Antikenotoxin. Ein derartiges Präparat wurde früher unter dem Namen Retardin in Pillenform zum Einnehmen gegen Ermüdungszustände in den Handel gebracht. Antikenotoxin soll auch, wenn es verspritzt und eingeatmet wird, gegen Ermüdung schützen (vgl. Lobsien und Lorentz). Die durch Training erzielbare größere Leistungsfähigkeit führt Weichardt auf allmähliche Bildung des Antikenotoxins im Körper zurück. Nach Konrich, Korff-Petersen, Pfeiffer und Pregl, Lee und Aranowitsch und Inaba ist die Weichardtsche Ermüdungstheorie unhaltbar (vgl. Jul. Bauer). Es wurde durch Versuche im Gegensatz zu den Angaben von Lorentz und Lobsien festgestellt, daß Verschlucken, Injizieren und Einatmen des Weichardtschen Antikenotoxins keine Wirkung auf Ermüdete ausübt. Auch ließ sich aus unermüdeten Muskeln ein Stoff von gleichen Eigenschaften gewinnen, die das aus ermüdeten Muskeln hergestellte Kenotoxin besitzt. Ob damit aber die Akten über die Weichardtsche Theorie geschlossen sind, ist doch noch fraglich. Es ist nicht unmöglich, daß bestimmte Elemente des stoffabbauenden Mesenchymgewebes Produkte liefern, die sich Eiweißspaltprodukten gegenüber, die sich

während der Ermüdung bilden, gewissermaßen wie Antikörper verhalten, wenn es auch noch nicht gelungen ist, sie darzustellen. Daß z. B. Endothelzellen als Produzenten fermentativ wirkender Stoffe in Betracht kommen, kann nach neueren Forschungen nicht mehr bezweifelt werden. Es ist auch nicht ausgeschlossen, daß mesenchymatische Zellen Zerfallsstoffe, die bei der Ermüdung entstehen, aufnehmen und verarbeiten. Es ist auch denkbar, daß gewisse Ermüdungsstoffe teilweise oder ganz der Ionisation anheimfallen und alsdann ional weitere Erregung verursachen, vielleicht können einige von ihnen, ohne selbst zu ionisieren, Rückgang bereits vorhandener Ionisationen hervorrufen und dadurch erregungshemmend wirken. Mit Recht hebt Fröhlich (S. 146) hervor, daß die Untersuchungen Abderhaldens über die Abwehrfermente des Körpers die Weichardtschen Untersuchungen in neuem Licht erscheinen lassen. Ob die Ermüdungsstoffe, die bei körperlicher Arbeit auftreten, identisch sind mit denjenigen, die sich bei Geistesarbeit bilden, ob erstere aus dem Blut in die Ganglienzellen eindringen (Flockenhaus, Richter), ob die Ermüdungsstoffe Kristalloide oder Kolloide sind, bzw. in den kolloiden Zustand übergehen können, ob sie, falls es von ihnen verschiedene Arten gibt, unverändert nebeneinander bestehen oder aufeinander reagierend, neue Stoffe bilden und auf die eine oder andere Weise unter dem Einfluß von Ionen und durch Vermittelung des Blutes über kurz oder lang den Zustand allgemeiner Ermüdung herbeiführen, alles das gehört in das Reich ungelöster Fragen. Sicher scheint es jedoch zu sein, daß durch körperliche Tätigkeit entstandene Ermüdungsstoffe sich zunächst in den muskulären Elementen anhäufen und daß durch geistige Tätigkeit gebildete Ermüdungsstoffe sich sowohl in den Zellen nervöser Zentren als auch in den interzentralen und peripheren Leitungsbahnen ansiedeln. Hierauf deuten die genannten morphologischen Veränderungen in den Ganglienzellen, der Verlust an Aufmerksamkeit, die Schwächung des Assoziationsvermögens und die der Aktionsströme im Zustande der Ermüdung. Das Dogma von der Unermüdbarkeit der Nervenfaser ist erschüttert (vgl. auch v. Mády, S. 243f. u. Haberlandt[2], S. 448, 451).

In seiner Londoner Dissertation „Mental fatigue" (Records of the Education Society No. 40, Sydney 1920, 103 Seiten) gibt Gilbert E. Phillips außer einer historischen Übersicht über Versuche mit Aesthesiometer, Ergograph und Reaktionszeit (siehe später) eine von ihm aufgestellte Ermüdungstheorie auf chemisch-physiologischer und psychologischer Grundlage. Da aus dem kurzen Referat von Piéron (L'Année psychol. 1920/21, Bd. 22, S. 491) näheres über diese Theorie nicht zu entnehmen ist und ich die Dissertation in Deutschland und in London bisher nicht erhalten konnte, kann hier auf dieselbe nur hingewiesen werden. Eine zusammenfassende Übersicht über die durch Ermüdung erzeugten Störungen findet sich bei Kirkpatrik (S. 244f.).

E. Methoden zum Nachweis von Erregung und Ermüdung.

Ich schreite nun zur Besprechung von Methoden, mit Hilfe derer man Erregung und Ermüdung nachzuweisen versucht. Man kann diese Methoden auf zwei Hauptgruppen verteilen. Die eine umfaßt physiologische Untersuchungen, bei denen die Versuchspersonen sich insofern passiv verhalten, als Arbeitsleistungen — mit Ausnahme bei Bewegungsstudien — und Aussagen ihrerseits nicht erforderlich sind. In der anderen Gruppe werden diejenigen Untersuchungen zusammengestellt, deren Durchführung nur bei aktivem Verhalten der Versuchspersonen möglich ist, indem ihrerseits speziell für die Versuche erforderliche körperliche oder geistige Betätigung oder die Versuche betreffende Aussagen als Antwort auf gestellte Fragen in Betracht kommen.

Wenn bei letzterem Verfahren von den Versuchspersonen vorwiegend Gedächtnisleistungen verlangt werden, so liegen die Untersuchungen auf psychologischem Gebiet, handelt es sich dagegen in erster Linie um Reizeinwirkungen auf die Sinnesorgane oder das Muskelsystem, so kann man die Untersuchungen als physiologisch-psychologische bezeichnen. Natürlich erfordern auch die letzteren geistige Tätigkeit, weil die Aufmerksamkeit auf die Reizvorgänge zu richten ist. Sämtliche Methoden sind bisher nur für Ermüdungsstudien benutzt worden, wenigstens trat die Erregung insofern in den Hintergrund, als die Untersuchungen zu ihrem Nachweis nicht in der Weise am Lebenden durchgeführt wurden, wie es bei den Ermüdungsstudien geschah.

Eine erschöpfende Darstellung der Literatur bis zum Jahre 1903 über alles, was mit der Ermüdung und deren Nachweis zusammenhängt, findet sich bei J. Joteyko (vgl. auch deren spätere Arbeiten). Über die durch geistige Arbeit bewirkte Ermüdung und deren Nachweis referierte die Literatur bis zum Jahre 1909 M. Offner; bis zum Jahre 1910 W. Bethge. Eine neuere zusammenfassende Darstellung des gesamten Ermüdungsgebietes gab Durig im Jahre 1916 und 1927.

I. Physiologische Methoden.

Hierher gehören außer den im vorigen Abschnitt angeführten Untersuchungen an ausgeschnittenen oder am lebenden Tier freigelegten Muskeln, Beobachtungen über Aktionsströme, Blutbeschaffenheit, Blutdruck, Puls, Blutverschiebung, Muskeltonus, Muskelhärte, Atmung, Harnbeschaffenheit, Sehnenreflexe sowie Bewegungsstudien.

1. Aktionsströme.

Aktionsströme lassen sich unter Benutzung unpolarisierbarer Elektroden auf Instrumente von genügender Feinheit (Spiegel- oder Saitengalvanometer, Kapillarelektrometer) ableiten. Es läßt sich auf diese Weise feststellen, wie sich die Ströme bei Erregungen verhalten und unter dem Einfluß von Ermüdung an Frequenz und Amplitude abnehmen (vgl. Altenburger, Jüdin, Cobb und Forbes, Santesson, Herzog). Die genannten Instrumente sind zwar für Laboratoriumszwecke geeignet, für Aufnahmen an verschiedenen Orten, z. B. in Schulen und Fabriken aber deswegen nicht verwendbar, weil ihre Konstruktion den Transport erschwert und ihre Montierung viel Zeit erfordert.

Das Gleiche gilt für Beobachtungen über das psychogalvanische Reflexphänomen von Veraguth, das, wie schon Sticker fand, dem Willen der Versuchsperson entzogen ist. Über seine Verwendbarkeit zum Nachweis von Erregung und Ermüdung sind die Ansichten geteilt. Neuerdings hat W. Strauß nachgewiesen, daß durch körperliche Betätigung (Springen, Laufen, Turnen, Fechten, Ergostatarbeit) eintretende Ermüdung eine Verkleinerung der zwischen Lippe und Arm vorhandenen normalen Potentialdifferenz hervorruft, und daß die Erholungszeit parallel zu gehen scheint mit der stets zu beobachtenden Wiederherstellung der Spannungsänderung. Seine Versuchsanordnung unter Verwendung von physiologischer Kochsalzlösung in einer Armwanne und Lippenelektrode, in der ein Wattebausch die Ableitungsfläche bildet, zeigt Fig. 1.

Wenn Strauß (S. 100) äußert, daß es mittels der Methode auch gelingen dürfte, geistige Ermüdung nachzuweisen, so möchte ich ihm hierin beipflichten; denn bereits im Juli 1914 habe ich diesbezügliche Versuche mit einer etwas anders beschaffenen Apparatur unternommen und unter vielen Versagern einige überraschende Ergebnisse erhalten. Leider sind die Versuche in den Kriegswirren und infolge mehrfachen Wohn-

ortswechsels nicht über die ersten Anfänge hinaus gelangt und nach Verlust der Protokolle aus Mangel an Zeit und Gelegenheit auch später nicht wieder aufgenommen.

Fig. 1. Versuchsanordnung von Strauß. Aus Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 107 (Springer).

2. Blutuntersuchungen.

Über geistige Ermüdung und deren Nachweis hat Graziani an Schülern, Studierenden, an sich selbst und an seinem Laboratoriumsdiener Blutuntersuchungen unternommen. Er fand eine durch die Ermüdung bedingte verminderte Widerstandsfähigkeit der Erythrozyten und eine Abnahme des Hämoglobingehaltes derselben (Tab. 1). Er schreibt diese Erscheinungen dem Einfluß toxischer Stoffe zu, die bei der geistigen Anstrengung im Gehirn entstehen sollen.

Tabelle 1.

Schüler			Studierende			Laboratoriums-diener, 12 Jahre			Selbstbeobachtung (Graziani)		
Alter Jahre	Hb-Gehalt vor der geistig. Arbeit %	Hb-Gehalt nach der geistig. Arbeit %	Alter Jahre	Hb-Gehalt vor der geistig. Arbeit %	Hb-Gehalt nach der geistig. Arbeit %	Hb-Gehalt vor der geistig. Arbeit %	Hb-Gehalt nach der geistig. Arbeit %	Stunden	Hb-Gehalt vor der geistig. Arbeit %	Hb-Gehalt nach der geistig. Arbeit %	Stunden
13	60	55	26	90	85	75	70	4	80	72	4
13	80	65	25	75	70	80	72	4¼	80	75	4½
13	70	66	24	80	75	70	64	4¾	78	72	4½
12	60	60	24	88	78	70	62	5	75	70	5
12	85	75	23	82	60	72	65	5	80	73	5
12	75	70	23	80	70	72	65	6	75	70	5
10	95	80	23	80	78				80	72	6
10	65	60	22	95	80				78	75	6
10	70	65	22	80	75						
9	60	60	21	84	78						

Nach v. Liebermanns und Acéls Beobachtungen an Tieren und Menschen erfolgt bei anstrengender physischer Arbeit eine im Ruhezustande wieder zurückgehende Resistenzverminderung und ein Zerfall von Erythrozyten, wobei sich in dem untersuchten Serum Hämoglobin nachweisen läßt. Sie erblicken in diesem Vorgang ein objektives Merkmal der Ermüdung und führen dasselbe auf die Anwesenheit von Ermüdungsstoffen, insbesondere der Milchsäure, im Blute zurück.

Koeppe hat nachgewiesen, daß die Erythrozyten von einer semipermeablen Hülle umgeben sind. Nach Netter sind es bestimmte, für verschiedene Blutarten verschiedene Eiweißkörper (Globulin, Albumin, Lezithin), welche diese „Adsorptionshülle" bilden. Nach Koeppe ist die Größe des mit dem Hämatokrit meßbaren Volumens von dem durch die im Plasma vorhandenen Ionen und deren Konzentration bedingten osmotischen Druck abhängig. Demnach müßten wohl alle Vorgänge, welche die ionale Beschaffenheit des Plasmas ändern, eine Verschiedenheit des osmotischen Druckes und infolge davon des Erythrozytenvolumens bewirken. Untersuchungen über die Volumveränderung durch Erregung und Ermüdung, die zu solchen Vorgängen gehören, liegen meines Wissens bisher nicht vor. Es sind aber Untersuchungen über Veränderungen der Zahl von Leukozyten infolge von Ermüdung angestellt worden. Zuntz und Schumburg fanden nach anstrengenden Märschen eine Vermehrung der weißen Blutkörperchen. Von Grawitz, Egoroff und Hippke wurden diese Beobachtungen bestätigt und weiter ausgebaut. Insbesondere tritt eine Vermehrung der eosinophilen Leukozyten und der Lymphozyten ein (vgl. auch P. Schenk, S. 95). Auch erhöht sich die Zahl der Myelozyten. Bezüglich der polymorphkernigen Zellen wird anfangs Vermehrung, später Abnahme beobachtet. Möglicherweise hängen alle diese Erscheinungen mit Beseitigung von Ermüdungsstoffen zusammen. Ob auch die Zahl der Blutplättchen verändert, insbesondere erhöht wird, ist noch zweifelhaft. Nach Brieger werden die für Soldaten und Sportsleute geltenden genannten Befunde bei Angehörigen der Lehrlingswerkstätte der Adlerwerke in Frankfurt a. M. nach anstrengender körperlicher Berufsarbeit vermißt. Demgegenüber muß ich darauf hinweisen, daß nach meinen Befunden an Schwerarbeitern in Gießereien die genannten Blutveränderungen sehr wohl zu beobachten sind.

Wodurch diese Erscheinungen bedingt werden und welche Bedeutung ihnen zukommt, ob sie die Folge von Reizen der im Blute auftretenden Säuerung, ob sie als Abwehr gegen Ermüdungsstoffe aufzufassen sind, darüber läßt sich einstweilen nichts aussagen. — Man hat auch aus der Alkalireserve des Blutes Schlüsse auf die Ermüdung zu ziehen versucht. Während aus der Ader entnommenes Blut gegen Lackmus alkalische Reaktion zeigt, die dadurch bewirkt wird, daß Kohlensäure teils spontan abdunstet, teils durch die sauere Beschaffenheit des Lackmus ausgetrieben wird, ist die Reaktion innerhalb der Kreislaufsorgane beziehungsweise unter Bedingungen, welche das Entweichen von Kohlensäure verhindern, fast neutral. Der Grund hierfür liegt darin, daß die aus der elektrolytischen Dissoziation von Säuren stammenden, positiv geladenen, sauere Reaktion bedingenden Wasserstoffionen und die durch Dissoziation von Basen entstehenden, negativ geladenen, basische Reaktion bedingenden Hydroxylionen annähernd gleiche Konzentration aufweisen. Beim Überwiegen von Wasserstoffionen würde das Blut sauere, beim Vorwalten von Hydroxylionen basische Reaktion annehmen. Die im Blute vorhandene Kohlensäure befindet sich da-

selbst zum Teil im absorbierten Zustande, wobei ihre Menge sich dem Partialdrucke proportional verhält, hauptsächlich ist sie darin aber als Karbonat vorhanden. Infolge der ständigen Bildung von Kohlensäure bei der Oxydation organischer Kohlenstoffverbindungen, von Schwefelsäure bei der Oxydation des Eiweißschwefels, von Phosphorsäure durch Abspaltung aus Nukleoproteiden und von organischen Säuren, die wie Azetessigsäure und Oxybuttersäure bei gewissen Krankheiten sogar in größerer Menge auftreten, läuft das Blut Gefahr, durch Überwiegen von Wasserstoffionen sauere Reaktion anzunehmen (Azidose). Durch regulatorische Tätigkeit der Lungen, Nieren und der Haut einerseits und durch bestimmte im Blute enthaltene Stoffe, sogenannte Reaktionsregulatoren oder Puffersubstanzen andererseits wird es gegen diese Gefahr geschützt.

Die Bezeichnung Puffersubstanzen besagt, daß diese im Vergleich mit den Puffern, welche Eisenbahnwagen beim Zusammenstoßen schützen, den Stoß von Stoffen abfangen, welche dem Blute sauere Reaktion erteilen würden.

Pufferung des Blutes befähigt demnach dasselbe, ohne wesentliche Änderung der Wasserstoffionenkonzentration, Säuren in sich aufzunehmen. Diese Fähigkeit wird durch Anwesenheit von Karbonaten, Phosphaten und Eiweißkörpern, besonders auch durch Hämoglobin bedingt.

Wenn zu einer Bikarbonatlösung (z. B. $NaHCO_3$) Wasserstoffionen hinzutreten, verschieben diese die Reaktion deswegen nicht nach der sauren Seite, weil sie nicht in Freiheit bleiben, sondern von den Bikarbonatanionen aufgenommen werden, wobei überwiegend undissoziierte Molekeln der Kohlensäure entstehen. Die zur Kohlensäurebindung verfügbaren alkalischen Valenzen wurden zuerst von Jaquet als Alkalireserve bezeichnet. Man kann die Alkalireserve (Kohlensäurekapazität, Kohlensäurebindungsvermögen), für die, wenn sie normal, erhöht, vermindert ist, Straub die Bezeichnungen Eukapnie, Hyperkapnie, Hypokapnie (*καπνίζω, καπνόω*, werde verbrannt) einführte, nach einem von van Slyke angegebenen Verfahren, auf das hier aus Raummangel nicht eingegangen werden kann, ermitteln (s. Walinski S. 42, G. Lehmann S. 368). Bei schwerer körperlicher Arbeit kommt außer der vermehrten Kohlensäurespannung besonders die beim Muskelstoffwechsel besprochene Milchsäure für die Verschiebung der Blutreaktion nach der sauren Seite in Betracht, und indem die Milchsäure mit den Karbonaten reagiert, vermindert sie die Alkalireserve. Dies trifft z. B. für die Anstrengungen und die damit verbundene Ermüdung der Sportsleute zu; nach Walinski kehrte die Alkalireserve bei ihnen erst nach 24—26 Stunden zu ihrem Ausgangswert zurück. Bei Gießerei- und Walzwerkarbeitern fand ich die Alkalireserve ebenfalls vermindert.

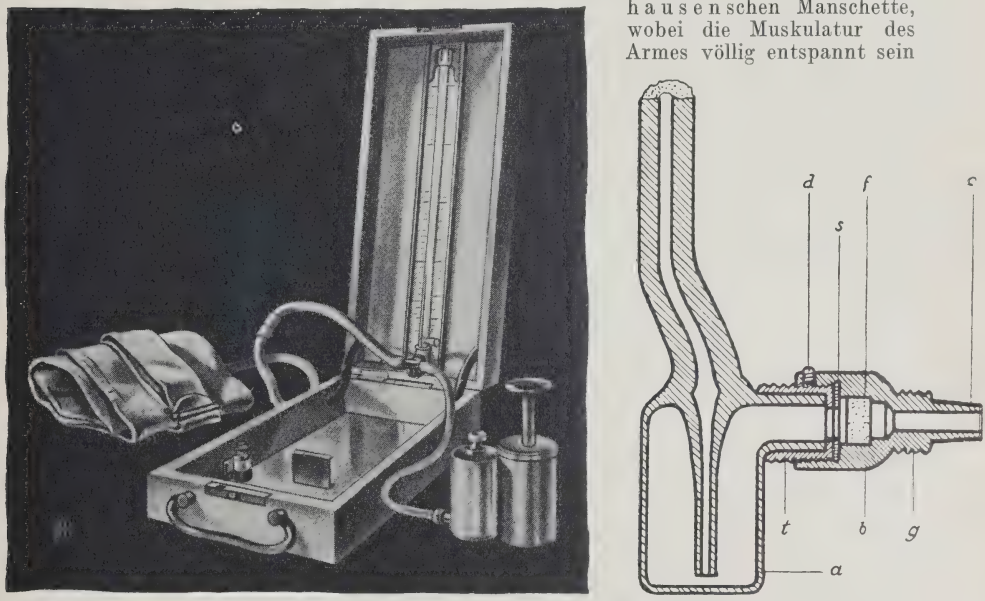
3. Blutdruckmessungen.

Ein kein allzuviel Zeit beanspruchendes Verfahren zum Nachweis von Erregung und Ermüdung besteht in der Messung des Blutdruckes. Ich habe dieselbe vor, während und nach der Arbeit, sowohl bei geistiger Beanspruchung an Schülern und Studenten als auch bei körperlicher statischer und dynamischer Arbeit an Werktätigen verschiedener gewerblicher Betriebe in zahlreichen Fällen angewandt. Auch haben mit wechselndem Ergebnis unter anderen Barach und Marks, Dietlen und Moritz, Baldes, Heichelheim und Metzger, Edgecombe und Bain, Lowsley, Mac Curdy, Liljestrand und Stenström, Chailley Bert und Langlois, Schneider und Truesdell, Stanley Kent, Burlage, Rautmann, Crampton, Efimoff, Wolf und Kimura die Methode benutzt.

Statt des Apparates von Riva-Rocci verwende ich den von Recklinghausen's oder von Braun in Melsungen, weil die beiden letzteren leichter transportabel und dauerhafter sind. Das Kautschukgebläse des Riva-Rocci-Apparates platzt bei Messung hoher Blutdrucke manchmal. Die beiden anderen Apparate arbeiten mit metallener oder gläserner Luftpumpe, in der sich ein v. Recklinghausensches Ventil befindet. Von Recklinghausen hat das Quecksilbermanometer durch ein Metallmanometer ersetzt. Bei dem Braunschen Apparat hindert aber das Quecksilbermanometer den Transport nicht. Über Einrichtung und Anwendung der Apparate, besonders im Hinblick auf den Brauns sei kurz folgendes bemerkt:

Zum Gebrauch klappt man den das Manometer enthaltenden Deckel des zum Schutz und Transport des Apparates dienenden Kastens auf und stellt ihn senkrecht (Fig. 2 a).

Das im Manometer befindliche Quecksilber kann infolge der Einfügung von Filterplättchen weder auf dem Transport auslaufen noch durch unvorsichtige Handhabung oben herausspritzen. Man schraubt nun das in den Gummischlauch eingeschaltete T-Stück mittels der Überfallmutter an das Gewinde des Schlauchstutzens *b* (Fig. 2 b). Nach Anlegung der v. Recklinghausenschen Manschette, wobei die Muskulatur des Armes völlig entspannt sein



a b

Fig. 2 a und b. Blutdruck-Meßapparat (Modell Braun-Katz) fertig zum Gebrauch.

muß und der Arm in Herzhöhe bequem auf passender Unterlage ruht, pumpt man mittels der am freien Schlauchende befestigten Pumpe nebst Windfang langsam Luft in den Quecksilberbehälter *a* des Steigrohres und die Armmanschette. Die andere Hand palpiert den Radialpuls am gestauten Arm der Versuchsperson. Bei einem gewissen, individuell verschiedenen Druck steigt die Pulsfrequenz (Charakter des Pulsus celer). Der in diesem Augenblicke am synchron mit dem Pulsrhythmus oszillierenden Manometer abgelesene Druck ist der sogenannte Minimal- oder diastolische Druck, d. h. derjenige Druck, der in der Arterie herrscht, wenn der durch die Herzkontraktion hervorgerufene Blutdruck aufgehoben ist. Pumpt man langsam weiter, so kommt unter allmählichem Abnehmen des Pulses ein Punkt, bei welchem er dicht vor dem Verschwinden steht. Der jetzt abgelesene Manometerstand zeigt den Maximal- oder systolischen Druck an, d. h. denjenigen Druck, bei welchem die Pulswelle so hoch ist, daß sie noch gerade durch die Manschette hindurchzuschlagen vermag. Der Unterschied zwischen Maximal- und Minimaldruck wird als Pulsdruckamplitude bezeichnet (vgl. v. Recklinghausen, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1906, Bd. 55, S. 375 u. 412). Statt der manchmal undeutlich ausfallenden Palpation benutzt man ein dem Braunschen Apparat beigegebenes Membranstethoskop, das unterhalb der Manschette in der Gegend der Brachial-

arterie auf den gestauten Arm gesetzt wird. Beim Eintritt des Minimaldruckes hört man ein hartes Anschlagen der Pulswelle, das sich zunächst noch verstärkt, dann abschwächt und beim Erreichen des Maximaldruckes verschwindet. Zur Kontrolle ob palpatorisch bzw. auskultatorisch der Eintritt der beiden Drucke genau beobachtet wurde, treibt man den Luftdruck mit der Pumpe noch etwas höher und dreht dann die auf dem Windfang befindliche Schraube ein wenig nach links bis das Quecksilber im Steigrohr langsam zu sinken beginnt. Das Wiederauftreten des Pulses ergibt dann den Maximaldruck, das folgende Kleinerwerden der Pulswelle den Eintritt des Minimaldruckes. Wird nach langem und häufigem Gebrauch die Arbeitsweise des Manometers durch Verunreinigung etwas träge, so entfernt man das Schräubchen *d*, dreht den Ansatz *b* ab, nimmt die Lederdichtung *s* heraus, legt den Ansatz einige Minuten in Spiritus, schiebt den Schlauch der Pumpe über das konische Ansatzende und bläst bis aller Spiritus verflogen und das Filterplättchen *f* wieder trocken ist. Dann wird etwas Wachs mit einer heißen Nadel in den Gewindegängen des Stutzens *t* verteilt, der Ansatz *b* mit dem eingelegten Lederring *s* wieder aufgeschraubt und durch Anziehen des Schräubchens *d* völlige Abdichtung bewirkt.

Da der Blutdruck unter dem Einfluß des vegetativen Nervensystems steht und dieses von Zentren des Zwischenhirns beherrscht wird, über die außer älteren Beobachtungen von Ott, Prus, Edinger, Aschner, Untersuchungen von L. R. Müller und Ganser, sowie von Greving vorliegen, verursacht auf das Corpus subthalamicum (Corpus Luysii) direkt bzw. vom Cortex aus (Billigheimer) einwirkende Erregung bzw. Ermüdung Verengerung bzw. Erweiterung der Gefäße, womit Veränderungen des Blutdruckes verbunden sind. Um Aufschluß zu erhalten über sein Verhalten bei solchen Veränderungen, ist die Kenntnis seiner, normalen Verhältnissen entsprechenden Größe erforderlich, die, abgesehen von mehr oder weniger hervortretenden Tagesschwankungen (Jelinek, Colombo, C. Müller, P. Blume, E. Kylin), nach Länge und Gewicht des Körpers, nach Geschlecht und Lebensalter (Tavastjerna, Wolfensohn-Kriss) variiert. Bei Sportsleuten hat auch das Training einen Einfluß auf die Größe des Blutdruckes (vgl. Herxheimer [2]). Zwecks Feststellung der normalen Blutdruckgröße habe ich deren Mittelwert nach Messung bei normalem physiologischen Verhalten, an drei verschiedenen arbeitsfreien Tageszeiten: morgens, mittags und abends, an je 12 gleichalterigen, annähernd gleichgroßen und gleichschweren Personen aus 11 verschiedenen Altersstufen berechnet (s. Tab. 2).

Tabelle 2.

Mittlerer systolischer Blutdruck in mm Hg.

Lebensjahr	männlich	weiblich
10	102	100
12	104	100
14	106	104
16	105	102
18	104	102
20	118	113
25	126	120
30	129	127
40	133	135
50	142	152 (Klimakterium)
60	148	139

Unter dem Einfluß von Erregung und Ermüdung ändern sich vorstehende Werte. Erregung bewirkt durch Gefäßverengerung Steigerung, geistige und körperliche Ermüdung durch Gefäßerweiterung Senkung des

Blutdruckes. Da mit jeder geistigen und körperlichen Tätigkeit zunächst Erregung verbunden ist, so erhält man zunächst auch erhöhte Werte. Im Zustande der Ermüdung kann der Blutdruck nach meinen Beobachtungen sogar unter die Norm sinken (vgl. auch Kimura S. 93). Daß Senkung durch Ermüdung erfolgt, zeigte sich bei Untersuchungen Karrensteins an Soldaten, und Dietlen und Moritz fanden bei 6 Personen nach anstrengendem Radfahren Senkung (Tab. 3).

Tabelle 3.

Personen	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Blutdruck vor dem Fahren . . .	145	145	137	115	132	137
„ nach „ „	120	135	123	112	108	115

Die gleiche Beobachtung machten Baldes, Heichelheim und Metzger. Hallion und Comte fanden bei anstrengender Muskelarbeit anfänglich Erhöhung, später Erniedrigung des Blutdruckes. Kimura hat bei einem Drittel seiner Versuchspersonen bei anstrengender körperlicher Arbeit Sinken des Blutdruckes durch Ermüdung festgestellt, in 45 Fällen war der Druck im Verlaufe von 10 Minuten nach der Arbeit tiefer als vor der Arbeit und kehrte erst allmählich zur Norm zurück. Frois stellte ebenfalls Drucksenkung durch Ermüdung fest.

Betreffs meiner Beobachtungen über den blutdrucksenkenden Einfluß der Ermüdung bei anstrengenden militärischen Übungen verweise ich auf Tab. 6 meiner am Schluß angegebenen Arbeit über Blutdruck. Interessant ist auch Tab. 5 daselbst. Ich möchte noch kurz auf einige Beobachtungen über den Blutdruck im Verlaufe von geistiger Arbeit und gewerblicher Handarbeit hinweisen. Am 29. März 1922 übernahmen vier Gießener Primaner freiwillig von ihrem Lehrer eine mathematische Aufgabe, die sie in 2½ Stunden lösten. Ich maß den Blutdruck vor Beginn und am Schluß der Arbeit und erhielt folgende Werte (Tab. 4):

Tabelle 4.

Person und Alter	Systol. Druck am linken Arm in mm Hg 3h nachm.	Systol. Druck am rechten Arm in mm Hg 3h nachm.	Systol. Druck am linken Arm in mm Hg 5½h nachm.	Systol. Druck am rechten Arm in mm Hg 5½h nachm.
Be., 17 J. . .	105	102	92	90
Fe., 17½ J. .	98	102	89	90
Wa., 17 J. . .	96	100	86	86
Ne., 17 J. . .	108	105	94	95

Auch Wolf fand Blutdruckherabsetzung durch Ermüdung bei geistiger Arbeit. Die an vier Arbeitern in Gießener Werkstätten erhaltenen Werte sind folgende (Tab. 5):

Tabelle 5.

Person und Alter	Systol. Druck am linken Arm zu Beginn der Arbeit	um 10h	um 11h	um 12h	nach der Mittagspause
Schlosser K., 23 J. .	117	122	112	98	116
Schlosser R., 24 J. .	120	129	126	102	119
Dreher S., 26 J. . .	122	130	126	109	121
Schweißer B., 25 J. .	124	138	124	111	124

Wenn nach der Arbeit Efimoff außer Senkung auch Erhöhung, Lahy und Stanley Kent stets Erhöhung des Blutdruckes fanden, so erklärt sich letztere wohl daraus, daß Ermüdung entweder noch nicht eingetreten war, oder daß ihre Wirkung von Erregung überdeckt wurde. Im übrigen ist darauf hinzuweisen, daß weniger der absolute Wert des momentan gemessenen Druckes als vielmehr die Vergleichsziffern innerhalb derselben Versuchsreihe entscheidend sind, und daß die geringsten Muskelkontraktionen, wie auch Hering betont, durch den Gegendruck gegen die komprimierende Manschette die Quecksilbersäule heben. In welch hohem Grade steigernd emotionelle Vorgänge auf den Blutdruck wirken (vgl. Rumpf), zeigt sich z. B. bei Examenskandidaten. Ich habe diesbezügliche Untersuchungen (s. Beobachtungen über Blutdruck) bei Schülern und Studenten gemacht. In der Regel geht der Blutdruck schon einige Zeit vor der Prüfung mit mehr oder weniger großen Schwankungen in die Höhe, um dann während der Prüfung, namentlich bei denjenigen, die sich nicht sicher fühlen, ganz beträchtliche Werte zu erreichen. Wenn die Aufregung des Examens vorüber ist und die Ermüdung einsetzt, fällt der Druck stark. Von Tigerstedt, dem meine Angaben unbekannt geblieben sind, liegen Bestätigungen über die genannten Beziehungen zwischen Blutdruck und Emotionen vor.

4. Pulsuntersuchung.

Die Frage, ob aus der Pulsfrequenz auf Erregung und Ermüdung geschlossen werden kann, läßt sich trotz zahlreicher darüber angestellter Untersuchungen nicht eindeutig beantworten. Das hängt zum Teil damit zusammen, daß zwischen Pulsfrequenz und Blutdruck keine bestimmten Beziehungen zu bestehen scheinen, worauf schon Masing (S. 281), Karrenstein (S. 330) und Tavastjerna (S. 429) hinwiesen. Auch die Wolfschen Tabellen lassen Gesetzmäßigkeit nicht erkennen. Herxheimer (2) hat bei ein und derselben Person insofern eine Parallelität des Verhaltens von Blutdruck und Pulszahl nachzuweisen vermocht, als die Pulsfrequenz mit höherem Blutdruck zunimmt, mit niedrigerem Blutdruck abnimmt. Es gibt aber, wie seine Tab. VI, S. 509 Ku. u. Be. zeigt, auch Ausnahmen. Keinesfalls gehört aber zu einer bestimmten Blutdruckhöhe eine bestimmte Zahl von Pulsen. Daß körperliche Arbeit, solange Erregung obwaltet, die Pulsfrequenz vermehrt (vgl. Bowen), falls Training dem nicht entgegenwirkt (vgl. Herxheimer, P. Schenk), stimmt mit der täglichen Erfahrung überein. Nach A. Lehmann (S. 397) bedingen funktionshemmend wirkende Vorgänge, also z. B. Ermüdung, Abnahme der Frequenz, während Erregung Zunahme derselben hervorruft. Nach Gellhorn vermindert durch geistige oder körperliche Arbeit erzeugte Ermüdung die Pulsfrequenz um so mehr, je anstrengender die Arbeit ist (vgl. Amar). Zoneff und Neumann fanden, daß anhaltende Konzentration der Aufmerksamkeit hemmend auf die Pulsfrequenz wirkt, während Unlustgefühle, besonders bei geistiger Ermüdung, Pulsbeschleunigung hervorrufen.

5. Anwendung des Plethymographen (*ἡ πληδύς*, die Fülle).

Dieses Verfahren besteht in der Messung des Volumens, z. B. eines Armes, wenn dasselbe sich infolge von Erweiterung oder Verengerung seiner Gefäße unter dem Einflusse von Blutverschiebungen ändert (Mosso, Kronecker, A. Lehmann; vgl. auch Th. Ziehen S. 382ff.).

Zur Aufnahme des Armes dient ein Zylinder aus Glas oder Metall (s. Fig. 3).

Bei der Einführung des Armes stülpt sich von der Öffnung aus ein Gummisack in den Zylinder hinein. Am anderen Ende kommuniziert der Zylinder mit einer Flasche, aus der er mit lauwarmem Wasser gefüllt wird. Beim Einfließen preßt es den Gummisack allseitig fest gegen den Arm und überträgt alle Volumschwankungen desselben auf die im Steigrohr befindliche Wassersäule, deren Niveauänderungen durch die darüber befindliche Luftschicht mittels einer Schlauchverbindung auf eine Schreibvorrichtung übertragen werden, welche die Volumkurven auf einer Kymographiontrommel verzeichnet.

Mit dieser Methode haben E. Weber, Weichardt und Lindner, Gellhorn und Kimura Untersuchungen über Ermüdung angestellt. Im Zustande der Ermüdung soll die Blutfülle des Armes und damit sein Volumen abnehmen. Doch finden sich, wie Kimura nachwies, auch viele Ausnahmen.

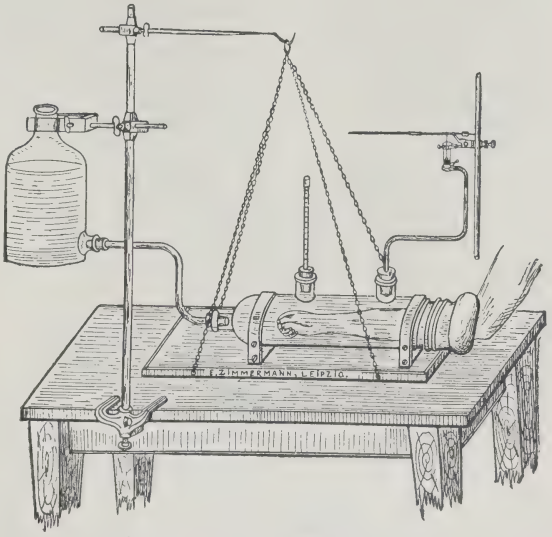


Fig. 3. Plethysmograph. Hersteller E. Zimmermann, Berlin und Leipzig.

6. Muskeltonus.

Den Muskeltonus versuchten zum Nachweis der Ermüdung Ryan und Yates in der Weise zu verwenden, daß sie die Dehnbarkeit bestimmter Muskeln durch Belastung prüften und den Ausschlag, den diese an einer Federwage hervorriefen, beobachteten. Hierbei soll sich eine Abnahme des Tonus nach anstrengender körperlicher Arbeit durch Ermüdung ergeben haben.

7. Härte und Resistenz der Muskeln.

Auch aus der Muskelhärte hat man, insbesondere bei Industriearbeitern, versucht, einen Anhaltspunkt über Ermüdung bei körperlicher Arbeit zu gewinnen.

Für die Untersuchung sind besondere Apparate, sogenannte Sklerometer (*σκληρός*, hart) konstruiert worden (Noyons, Wertheim-Salomonson, vgl. A. Noyons und J. von Uexküll, Mangold).

Von Hueck wird die Methode zur Benutzung in gewerblichen Betrieben empfohlen. Bei Martins Federwagenmuskeltest wird das Gewicht bestimmt, das den Widerstand des kontrahierten Muskels überwindet. Lee und Vanbuskirk erhielten damit nach ihrer Meinung brauchbare Resultate.

Springer hat mit einem von M. Gildemeister konstruierten Apparat, ballistisches Elastometer genannt, Versuche am unbelasteten und belasteten Bizeps angestellt, wobei die Belastung durch Gewichte bewirkt wurde, die mittels einer am Handgelenk befestigten, über zwei Rollen geführten Schnur bei Supinationsstellung der Hand gehalten wurden.

Der Apparat besteht, ähnlich wie das Noyonsche Sklerometer, aus einem Hammer, der gegen ein Metallplättchen schlagen soll, das mit Heftpflaster auf der Haut über dem zu untersuchenden Muskel befestigt wird. Beim Versuch fällt der bis dahin von einem Elektromagneten festgehaltene Hammer durch Öffnen des Stroms gegen den Arm. Infolge der Elastizität des Muskels schnellt der Hammer zurück. Je resistenter der Muskel, desto kürzer ist die Zeit, in welcher Metallplättchen und Hammer in Berührung bleiben. Diese „Stoßzeit" wird auf elektrischem Wege festgestellt. Beim Fall des Hammers wird ein Meßstrom geschlossen, wodurch ein in denselben eingeschaltetes Galvanometer einen Ausschlag macht. Jeder Skalenteil des Galvanometers entspricht einer Schließungszeit von 0,0006 Sekunden. Die Anordnung der Apparatur zeigt Fig. 4. Für die Beurteilung der Befunde ist maßgebend, daß der Eindringungsmodul als Maß der Resistenz des Muskels dem Quadrat der abgelesenen Galvanometerausschläge umgekehrt proportional ist.

Im Zustande der Ermüdung der Versuchspersonen — als solche wurden unter anderen auch Arbeiter gewerblicher Betriebe untersucht — vermindert sich die Muskelresistenz.

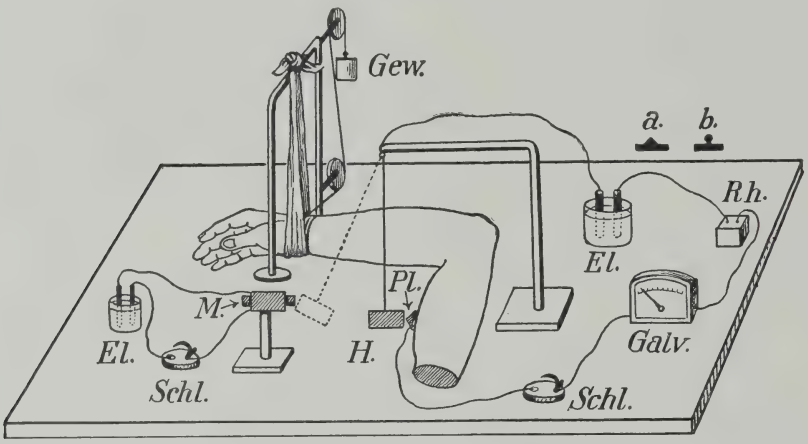


Fig. 4. Untersuchung der Resistenz des menschlichen Bizeps mit dem Gildemeisterschen ballistischen Elastometer. Der Arm ist so gezeichnet, als wenn er vom Körper abgetrennt worden wäre (nach R. Springer). *H.* Metallhammer; *Pl.* Metallplättchen; *Schl.* Schlüssel; *Galv.* Galvanometer; *Rh.* Rheostat; *El.* Element; *Gew.* Gewicht; *M* Elektromagnet; die punktierte Zeichnung zeigt die Hammerstellung vor dem Versuch, *a* und *b* die benutzten Metallplättchen im Profil. Aus Zeitschr. f. Biologie 1914, Bd. 63.

8. Untersuchung der Atmung.

Unter der Voraussetzung, daß die körperliche Ermüdung auf Anhäufung von Milchsäure, die Erholung auf deren Beseitigung beruht, ist es begreiflich, daß letztere durch Sauerstoffversorgung bewirkt wird. Wenn Milchsäure nur in geringer Menge auftritt und Sauerstoff ausreichend zur Verfügung steht, halten sich Bildung und Beseitigung der Milchsäure das Gleichgewicht, wobei ein bestimmtes Maß von Arbeit, ohne daß Ermüdung erfolgt, geleistet werden kann. Dieses Gleichgewicht wird aber ge-

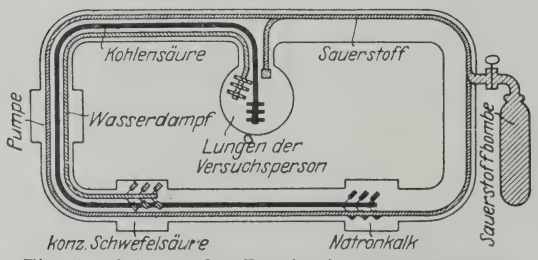


Fig. 5. Schema des Respirationsapparates von Benedict. Aus G. Lehmann 1.

stört, wenn bei erhöhter Arbeitsleistung die Milchsäurebildung sich steigert und die Sauerstoffversorgung mit dieser Steigerung nicht mehr Schritt zu halten vermag. In diesem Falle bleibt die Ermüdung nicht aus, und Erholung kann erst nach Aussetzen der Arbeit eintreten, weil dann weitere Milchsäure nicht mehr gebildet wird und die vorhandene durch fortgesetzte

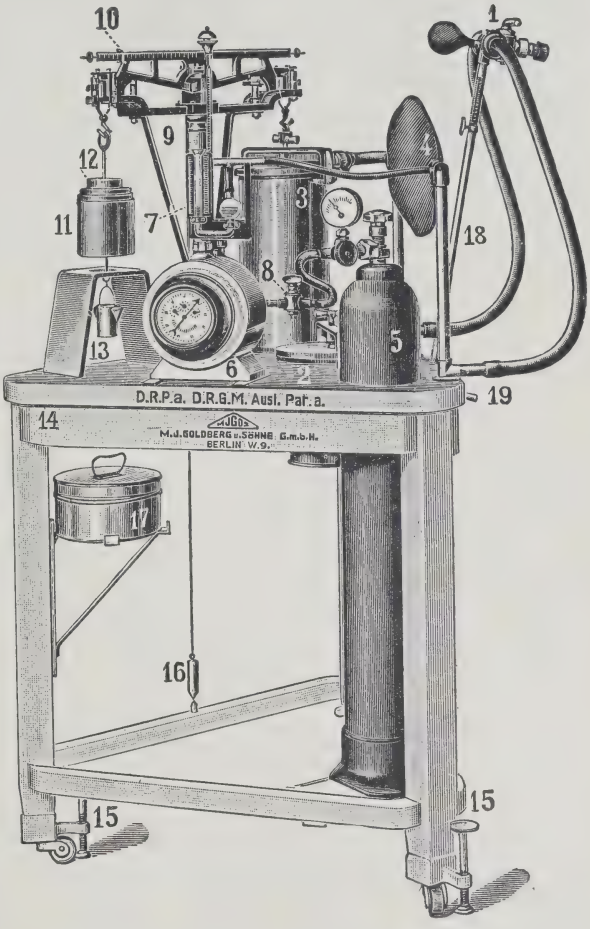


Fig. 6.

Fig. 6. Migos-Respirationsapparat nach G. Lehmann und E. Müller. (Bezugsquelle: M. J. Goldberg u. Söhne, Berlin W 9, Potsdamer Str. 7.) *1.* Ventilvorrichtung mit Gummimundstück, Dreiweghahn und Gummiball; *2.* Wasserdampfabsorptionsgefäß zur Aufnahme von gekörneltem Chlorkalzium; *3.* Kohlensäureabsorptionsgefäß in Verbindung mit der Wage und mit Einsatz zur Aufnahme von Natronkalk; Bestimmung der Kohlensäure durch Wägung mit Genauigkeit von 0,5%; *4.* Gummiblase zur Druckregulierung; *5.* Sauerstoffbombe nebst Ventil und Inhaltsmesser; *6.* Präzisionsspezialgasuhr zur Sauerstoffbestimmung mit Genauigkeit von 0,5%; *7.* zur Gasuhr gehöriges Manometer zur Druckregelung nebst Thermometer; *8.* Hahneinlaß; *9.* Präzisionsspezialwage; dazu gehören Gewichtssatz von 1—10 g und Reiter in Holzetui sowie Staubschutzhülle; *10.* Reitergewichtshalter; *11.* und *12.* Tariergewichte; *13.* Schrottarierbecher; *14.* fahrbarer Tisch für den Gesamtapparat; *15.* Stellschrauben; *16.* Lot; 17. Aufbewahrungsdose für den Kohlensäureabsorptionsgefäßeinsatz; *18.* verstellbarer Ventilhalter. Ferner gehören zu dem Apparate eine Stoppuhr, ein Quecksilberbarometer, Dichtungsringe für die Absorptionsgefäße und Verschraubungen, Ventilgummischeiben und Nasenklemme. Die Berechnung der Werte geschieht mittels Nomogrammtafel nach Kommerell. Der Apparat wird auch mit Spirometer und Kymographion zur Bestimmung des Atemvolumens und zur Aufzeichnung der Atemkurve geliefert.

Sauerstoffversorgung verschwindet. E. Simonson weist darauf hin, daß die muskuläre Ermüdung durch den Quotienten Milchsäurebildung/Milchsäurebeseitigung und die muskuläre Erholung durch den Quotienten Milchsäurebeseitigung/Milchsäurebildung ausgedrückt werden kann. Für die Beurteilung von Ermüdung und Erholung kommt also außer der Menge der

entstandenen Milchsäure die Geschwindigkeit ihrer Beseitigung in Betracht. Ohne Kenntnis beider Vorgänge läßt sich über die ermüdende Wirkung einer körperlichen Arbeit Sicheres nicht feststellen.

Man kann die Ermüdung bei körperlicher Arbeit durch die auf diese entfallende prozentische Steigerung der Kalorienabgabe beurteilen. Hierzu dient die Untersuchung des respiratorischen Gaswechsels, d. h. die Feststellung des Sauerstoffverbrauches und der Kohlensäureausscheidung eines Arbeiters mit Respirationsapparaten, unter denen der von Benedict einer der gebräuchlichsten ist.

Das Prinzip desselben zeigt die schematische Darstellung in Fig. 5 (S. 370).

Weniger kostspielig ist ein Respirationsapparat von G. Lehmann und E. Müller, dessen Einrichtung aus Fig. 6 ersichtlich ist.

Bei beiden Apparaten handelt es sich um ein geschlossenes Röhrensystem. Die Atmung der mit einer Nasenklemme versehenen Versuchsperson (Fig. 7) erfolgt nur mit der in den Röhren vorhandenen Luft. Aus dieser werden Wasserdampf und Kohlensäure durch geeignete, dieselben aufnehmende Stoffe beseitigt. Allmählich verschwindet aber auch der für die Atmung erforderliche Sauerstoff, und je länger die Versuche fortgesetzt werden, desto mehr vermindert sich das Volumen des im Apparate vorhandenen Gasgemisches, was man an dem Sinken des Druckes im Manometer erkennt. Zum Schutz der Versuchsperson gegen Verarmung an Sauerstoff läßt man solchen aus dem Sauerstoffbehälter durch eine Gasuhr nachströmen. Geschieht dies in der Weise, daß das Manometer gleichen Druck anzeigt, so gibt die Gasuhr über die verbrauchte Sauerstoffmenge Aufschluß. Die Menge der ausgeatmeten Kohlensäure wird durch Wägung des sie aufnehmenden Gefäßes festgestellt. Für die Berechnung der Versuchsergebnisse bedarf es der Kenntnis folgender Faktoren: Dauer des mit einer Stoppuhr gemessenen Atmungsversuches, Größe des an der Gasuhr abzulesenden ausgeatmeten Gasvolumens, Temperatur des in der Gasuhr enthaltenen Wassers, Barometerstand. Da das Volumen von Gasen von Temperatur und Druck abhängt, reduziert man nach der in Bd. 1, S. 692 dieses Handbuches angegebenen Formel das ausgeatmete Gasvolumen auf 0° und den Barometerstand von 760 mm. Aus dem respiratorischen Quotient $\frac{CO_2}{O_2}$ läßt sich der Energieverbrauch ermitteln. Durch Trainierung sinkt der respiratorische Gaswechsel. Zur Ermittelung des Energieaufwandes bei Körperarbeit, die mit Platzwechsel und lebhaften Bewegungen aller Art verbunden ist, wird ein von Douglas herrührender Respirationsapparat benutzt, der aus einem auf dem Rücken des Arbeiters getragenen Gummisack von ca. 60 l Inhalt besteht und zur Aufnahme der Ausatmungsluft dient. Ein in den Sack einmündender, nicht knickbarer, und mit einem Dreiweghahn versehener Schlauch wird, um Behinderung des Arbeiters zu vermeiden, über den Kopf oder eine Schulter desselben zu einem Mundstück (s. Fig. 8 *a* und *b*) geführt (vgl. auch Kommerell).

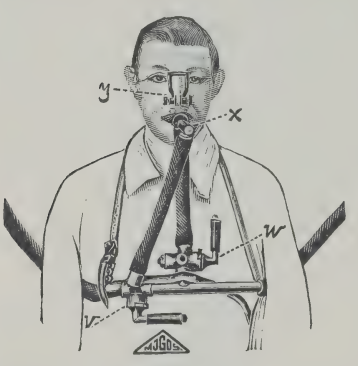


Fig. 7. Versuchsperson mit Nasenklemme y; x Ventilvorrichtung, v und w Hähne. Aus G. Lehmann 1.

Eingeatmet wird nach Verschluß der Nase Außenluft, die beim Eindringen in den frei mündenden Rohrteil des Mundstückes das membranähnliche Ventil M_1 hebt und das gleichartig beschaffene Ventil M_2 schließt. Die Ausatmungsluft schließt das Ventil M_1, öffnet das Ventil M_2 in der Richtung zum Verbindungsschlauch und gelangt zwecks Ausspülung desselben bei richtiger Stellung des Dreiweghahnes ins Freie. Auch dient ein solcher Vorversuch zur Gewöhnung des Arbeiters an die Apparatur. Bei Ausführung eines Arbeitsversuches wird der Dreiweghahn so gestellt, daß die Ausatmungsluft in den Sack gelangt. Dieselbe Stellung gibt man dem Hahn, wenn der Ruheumsatz untersucht werden soll, wobei die Versuchsperson sitzt oder liegt, und der Apparat neben ihrem Platz an einem Stativ hängt. Nach Füllung des Sackes mit Ausatmungsluft wird

er mit dem Dreiweghahn abgeschlossen, der Versuchsperson abgenommen und durch den Schlauch mit einer Gasuhr (Fig. 8c *U*) verbunden. Dann stellt man den Dreiweghahn so, daß der Sack mit der Gasuhr kommuniziert und befördert durch Zusammendrücken und allmähliches Aufrollen des Sackes seinen Inhalt in langsamem Strom zur Messung durch die Uhr. An dem Schlauch befindet sich zwischen Hahn *H* und Schlauch *S* ein enges Kautschukröhrchen *K*, das mit einem Quetschhahn geschlossen werden kann. In dieses wird während des Durchtrittes der Sackluft durch die Uhr eine an ihren beiden Enden durch einen Hahn abschließbare Sammelbürette *SB* eingefügt. Über das freie Ende des erweiterten Teiles *S* stülpt man einen Schlauch, dessen Weite die Füllung der Bürette mit Quecksilber erlaubt, das in einem am anderen Ende des Schlauches befindlichen Trichter gegossen wird. Durch Senkung des Trichters und Rückfluß des Quecksilbers in denselben wird nach Öffnung des Quetschhahnes Sackluft in die Bürette gesogen, wo sie nach Abschluß derselben beliebig lange aufbewahrt werden kann. Zur Ermittelung der Zusammensetzung der Luftprobe wird diese in einen Gasanalysenapparat nach Haldane übergeführt. Aus der Zeitdauer des Atmungsversuches, der Menge der Ausatmungsluft, ihrem Prozentgehalt an Kohlensäure und Sauerstoff läßt sich die Größe des Gasstoffwechsels berechnen und daraus wieder auf die Ermüdung bei körperlicher Arbeit schließen. Bezüglich der Ausführung und Berechnung der Analyse, worauf hier aus Raummangel nicht eingegangen werden kann, wird auf die Originalliteratur und das Buch von Klein und Steuber verwiesen.

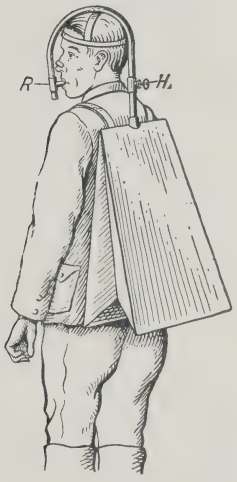


Fig. 8a.
Respirationsapparat von Douglas. *H* Dreiweghahn; *R* Ventilvorrichtung.

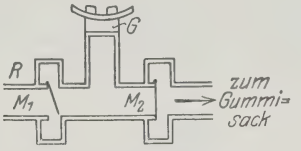


Fig. 8b. Ventilvorrichtung *R* mit dem Mundstück *G* und den Membranventilen M_1 und M_2.

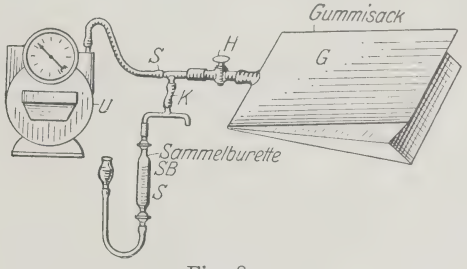


Fig. 8c.
Auffangen einer Luftprobe aus dem Gummisack *G* mit Sammelbürette.

Aus Zeitschr. f. exp. Med., Bd. 56, S. 740 (Springer, Berlin) und G. Lehmann 1.

Da für jeden Liter aufgenommenen Sauerstoffes bei der Verbrennung von Nahrungsstoffen annähernd die gleiche Kalorienmenge entsteht, läßt sich bei kurzfristigen Arbeitsversuchen der Energieverbrauch durch Multiplikation dieser Zahl, im Mittel 4,73, mit dem Sauerstoffverbrauch feststellen. Einen zur Messung des Sauerstoffverbrauches geeigneten Respirationsapparat hat Krogh angegeben. Der Apparat besteht aus einem metallenen Behälter (Spirometer) mit netzförmig gelochtem Einsatz zur Aufnahme von Natronkalk und beweglicher, durch ein Gewicht äquilibrierten und durch Wasser abgedichteten Haube aus Aluminium (Fig. 9).

Eine Schreibvorrichtung, die an der Haube befestigt ist, verzeichnet Auf- und Abwärtsbewegungen derselben auf einer durch ein Uhrwerk in Drehung versetzten Trommel. Die Versuchsperson atmet bei geschlossener Nase durch ein Mundstück mit zwei Gummimembranventilen wie bei der Sackmethode und durch nicht abknickbarem Schlauch sauerstoffreiche, unter die Spirometerhaube geleitete Luft, deren Temperatur an einem passend angebrachten Thermometer abzulesen ist. Die Ausatmungsluft gelangt durch einen zweiten Schlauch und durch den Natronkalk, wo sie die Kohlensäure verliert, in die Spirometerhaube zurück. Bei der Einatmung senkt sich, bei der Ausatmung hebt

sich dieselbe, und die Schreibvorrichtung verzeichnet auf der Trommel eine Atemkurve, deren Fußpunkte bei jedem Atemzuge um die während desselben verbrauchte Sauerstoffmenge absinken. Aus der Geschwindigkeitsbestimmung des Absinkens mittels elektromagnetischer Zeitregistriervorrichtung sowie unter Benutzung eines nach der Volumeichungskurve des Spirometers $^1/_{10}$ l angebenden Meßlineals läßt sich die in der Versuchszeit verbrauchte Sauerstoffmenge berechnen.

Simonson hat nun zur Ermittelung des Erholungsvermögens bei körperlicher Arbeit, das, wie ja angenommen wird, in Milchsäurebeseitigung besteht, ein Verfahren eingeschlagen, das nach seinen Angaben in folgender Weise ausgeführt wird: Den Ruheumsatz als bekannt vorausgesetzt, läßt man die Versuchsperson eine Standardarbeit, z. B. dreißigmaliges Heben eines 12 Kilogewichtes, verrichten. Im Anschluß daran wird mittels des Respirationsapparates von Douglas der in direktem Verhältnis zur Menge der beseitigten Milchsäure stehende Sauerstoffverbrauch in zwei mit Sackwechsel unmittelbar aufeinanderfolgenden Versuchen bestimmt. Der erste zu 3, der zweite zu 6 Minuten Dauer. Man hat dann zwei Ergebnisse: 1. den gesamten Erholungsumsatz, 2. die Milchsäuremenge, die nach 3 Minuten noch nicht beseitigt ist. Da nach Hill, Long, Lupton, Furusawa die Erholung in Form einer Exponentialkurve verläuft, kann daraus das Erholungsvermögen der Versuchsperson in Form einer Restitutionskonstante R nach folgender Formel berechnet werden:

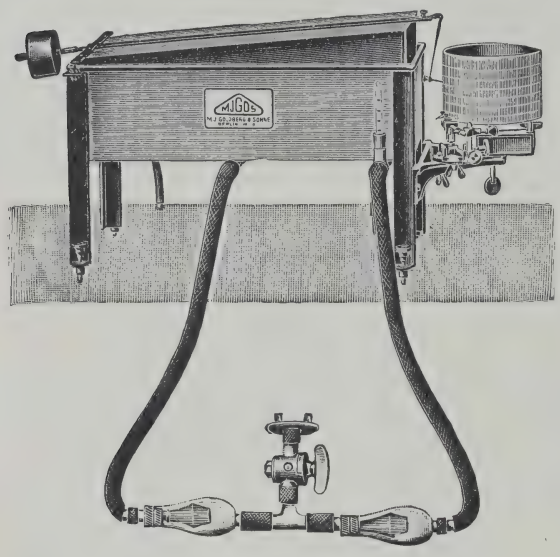


Fig. 9. Respirationsapparat nach Krogh. Bezugsquelle: Goldberg & Söhne, Berlin.

$$R = \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{\text{Kal A}}{\text{Kal t}}.$$

Hierin bedeutet t die Zeit, in vorliegendem Falle 3 Minuten, Kal A den Kalorienverbrauch, der als Gesamterholungsumsatz durch Analyse des Inhaltes beider Säcke gefunden wurde, Kal t den Kalorienverbrauch, der dem Inhalt des zweiten Sackes entspricht, d. h. die nach 3 Minuten noch nicht umgesetzten Kalorien des Erholungsumsatzes.

Die Höhe der Restitutionskonstante, ihr Mittelwert beträgt 0,5, ist mit dem Grade des Erholungsvermögens identisch, und dieses weist als Ausdruck verschiedener körperlicher Leistungsfähigkeit individuelle Verschiedenheit auf. Daß die Erholung mit der Größe der Arbeitsleistung differiert, zeigt sich darin, daß einige Personen sich nach kleinerer, andere nach größerer Arbeitsleistung leichter erholen. Simonson gibt ein Beispiel für die Möglichkeit, bei gegebener Arbeitsleistung nach Ermittelung der Restitutionskonstante die Dauer von Erholungspausen zu berechnen,

nach der Formel $t = \frac{1}{Rk} \ln \frac{Kal\ A}{Kal\ t}$, wobei Kal $t = 100$ gesetzt wird, was praktisch einer ausreichenden Erholung entspricht. Simonson hat zur Bestimmung des Erholungsvermögens durch die Restitutionskonstante auch die Lungenventilation, d. h. die Menge der Ein- und Ausatmungsluft herangezogen. Da die Rolle dieser Ventilation darin besteht, den zur Verbrennung erforderlichen Sauerstoff zu beschaffen und die dabei entstehende Kohlensäure zu beseitigen, ist anzunehmen, daß zwischen der Größe der Ventilation und der Größe des Umsatzes sowohl bei Ruhe als auch bei Arbeit Proportionalität herrscht. Diese Annahme hat sich nach den Versuchen Simonsons als zutreffend erwiesen. Es gelingt daher ohne umständliche Gasanalysen aus der Abnahme der Lungenventilation mittels eines Spirometers (vgl. auch Magne) oder einer Gasuhr die Restitutionskonstante zu ermitteln. Ihr Wert wird dabei etwas niedriger gefunden. Arbeitsausdauer und Arbeitsleistung sind nicht nur vom Erholungsvermögen, sondern auch von der Art der Ausführung der Arbeit abhängig. Bei dynamischer Arbeit soll Erholung schneller erfolgen als bei statischer Arbeit, weil bei letzterer die Milchsäurebeseitigung gehemmt ist. Auch kann ein Arbeiter mit geringerem Erholungsvermögen für eine bestimmte Arbeit deswegen geeigneter sein, als ein Arbeiter mit größerem Erholungsvermögen, weil bei ersterem durch geschicktere Arbeitsausführung ein Teil der entstandenen Milchsäure bereits während der Arbeit verschwindet. Man kann daher aus der schon während der Arbeit einsetzenden Erholungsgröße und ihrem Verhältnis zum Erholungsvermögen nach der Arbeit Schlüsse auf eine geeignete und ungeeignete Arbeitsweise ziehen. Für die während der Arbeit einsetzende Erholung gibt Simonson die Formel

$$c = \frac{K}{Rk_1}(1 - e^{-Rk_1 \cdot t}).$$

Hierin bedeutet e die vorhandene Milchsäure, K die Milchsäurebildung als Funktion der Zeit, t die Zeit und Rk_1 die während der Arbeit ermittelte Restitutionskonstante. Aus dem Vergleich mit der während der Erholung nach Beendigung der Arbeit gefundenen Restitutionskonstanten ergibt sich der Anhaltspunkt zur Beurteilung der Ausführungsart einer Arbeit. Mit wachsender Zeit wird, wenn $c = \frac{K}{Rk_1}$ ist, ein Gleichgewichtszustand erreicht. Dieser ist deswegen von praktischer Bedeutung, weil er besagt, daß ebensoviel Milchsäure beseitigt wie gebildet wird. Durch passende Wahl der Arbeitsgröße läßt sich die Erreichung des Gleichgewichtszustandes ermöglichen.

Passauer hat mit dem Respirationsapparat von Zuntz-Geppert (vgl. die genaue Beschreibung bei Feulgen in Bd. II, S. 74ff. dieses Handbuches, sowie bei Magnus Levy, Pflüg. Archiv 1894, Bd. 55 und Franz Müller, Abderhaldens Handb. d. physiol. Arbeitsmethoden 1926, Abtlg. 4, Teil 10, S. 235) Gaswechseluntersuchungen ausgeführt, um die durch statische Arbeit bewirkte Ermüdung mit der durch dynamische Arbeit erzeugten zu vergleichen. Da er bei ersterer einen geringeren Energieverbrauch gefunden haben will, was auch nach Cathcart und Stevenson zutrifft, besteht ihre Wirkung seiner Meinung nach weniger in der Hervorrufung allgemeiner Ermüdung als vielmehr in der Auslösung eines besonders starken Ermüdungsgefühles (vgl. Frumerie). Wenn Durig (S. 215 und 268)

darauf hinweist, daß es bei statischer Arbeit nicht auf die Menge der dabei auftretenden Ermüdungsstoffe, sondern auf deren Beharren ankommt, wobei von den Muskeln aus Reizwirkungen zentripetal geleitet werden, dann aber auch von den Zentren aus dauernd Impulse zu den Muskeln fließen und infolge davon weder peripherisch noch zentral genügende Erholungszeit zur Verfügung steht, so verkennt Passauer diese Vorgänge zwar nicht, er meint aber, daß das Ermüdungsgefühl deswegen für statische Arbeit das Hauptkennzeichen sei, weil die von den Muskeln ausgehenden Reize überwiegen. Sehr eigentümlich ist es nun, daß beim Aufhören statischer Arbeit das Ermüdungsgefühl sofort weicht, weil, wie Durig meint, eine schnelle Wegschaffung der stagnierenden Ermüdungsstoffe in den Muskeln durch Pumpwirkung derselben erfolgt, und der ganze übrige Körper mit seinem verfügbaren Alkali und der Menge seines mit Ermüdungsstoffen nicht belasteten Blutes zur Verfügung steht. Diese Erklärung würde aber wohl gerade zugunsten der Auffassung Passauers sprechen, denn je stärker die Ermüdung ist, desto mehr Ermüdungsstoffe entstehen und desto mehr verbreiten sie sich im Körper. Da dies nun bei der statischen Arbeit nach Durig nicht der Fall ist, sondern die Ermüdungsstoffe während derArbeit im Muskel verweilen, so kann von einer besonderen Schwere der Ermüdung mit intermediären Stoffwechselprodukten auch in den Ganglienzellen bei statischer Arbeit füglich wohl kaum die Rede sein. Es könnte demnach, wie Passauer hervorhebt, das Ermüdungsgefühl bei statischer Arbeit das Ausschlag gebende Moment sein. Nach Dusser de Barenne und Burger wird die starke Ermüdung bei statischer Arbeit nicht durch Milchsäurekonzentration in den Muskeln, sondern durch Zerrung und Druck sensibler Muskel- und Hautapparate verursacht.

Die Beurteilung der Ermüdung mittels des Stoffwechsels bei der Atmung wurde nicht nur auf körperliche Arbeit beschränkt, sondern auch auf geistige Tätigkeit ausgedehnt. Nach Speck soll letztere jedoch keinen oder doch nur einen so geringen Einfluß ausüben, daß er sich des Nachweises entzieht. Benedict und Carpeter fanden keine Vermehrung des Stoffumsatzes bei geistiger Arbeit, wohl aber Becker und Olsen, Leman und Chlopin. Von Chlopin in Gemeinschaft mit Okunewsky unternommene Versuche bestanden in Kopfrechnen. Die Versuchspersonen saßen während dieser geistigen Beschäftigung, sowie auch bei den Kontrollversuchen vollkommen ruhig in einem Lehnstuhl. Der Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt der eingeatmeten und ausgeatmeten Luft wurde mit dem Respirationsapparat von Zuntz-Geppert bestimmt. Die in der arbeitsfreien Zeit und während der Arbeit erhaltenen Durchschnittswerte sind in Tab. 6—8 zusammengestellt.

Tabelle 6.

Sauerstoffverbrauch in ccm pro Minute.

Versuchspersonen	Ruheversuch	Arbeitsversuch	Differenz in ccm	Differenz in %
Ch., 58 Jahre alt				
Mittelwert aus 10 Versuchen	245	290	+ 45	+ 18,9
W., 30 Jahre alt				
Mittelwert aus 5 Versuchen	198	288	+ 90	+ 45,5
L., 30 Jahre alt				
Mittelwert aus 5 Versuchen	250	282	+ 32	+ 12,8

Tabelle 7.

Kohlensäureausscheidung in ccm pro Minute.

Versuchspersonen	Ruhe-versuch	Arbeits-versuch	Differenz in ccm	Differenz in %
Ch.	193	250	+ 57	+ 29,6
W.	171	244	+ 73	+ 42,0
L.	212	222	+ 10	+ 4,7

Tabelle 8.

Volumina der von den Versuchspersonen aufgeatmeten Luft in ccm pro Minute.

Versuchspersonen	Ruhe-versuch	Arbeits-versuch	Differenz in ccm	Differenz in %
Ch.	6036	7755	+ 1719	+ 28,5
W.	5648	8009	+ 2361	+ 40,9
L.	8582	8066	− 516	− 5,9

Aus diesen Tabellen ist ersichtlich, daß geistige Arbeit den gesamten Gaswechsel steigert. Demnach werden durch sie im Gehirn und wohl auch in anderen Teilen des Nervensystems oxydative Vorgänge mit stofflicher Zersetzung verursacht. Im Gegensatz zu den beiden anderen Personen hat das Volumen der Ausatmungsluft der Versuchsperson L. etwas abgenommen, die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung zeigen aber auch bei ihr unter dem Einfluß der Arbeit Zunahme. Kestner und Knipping, welche die Versuche von Benedict und Carpenter wiederholen, kommen hinsichtlich des Einflusses geistiger Arbeit auf den Gasstoffwechsel zu Schlüssen, die mit denjenigen von Chlopin und Okunewsky in Einklang stehen. Sie fanden nämlich, daß bei geistiger Arbeit 3—33% mehr Sauerstoff verbraucht und 10—12,2% mehr Kohlensäure ausgeschieden wird als in der Ruhe. Chlopin und Okunewsky haben auch das quantitative Verhältnis zwischen der Größe des Gaswechsels und der Intensität der geleisteten geistigen Arbeit untersucht. Als Maß der Intensität dienten die Anzahl pro Minute gerechneter Aufgaben und Mittelwerte der Lösungsgeschwindigkeit jeder einzelnen Aufgabe. Die Intensität war bei Ch., der älteren Versuchsperson, sowohl in bezug auf die Anzahl der gelösten Aufgaben als auch in bezug auf die Lösungsgeschwindigkeit größer als bei dem jüngeren W. und L., wie Tab. 9 zeigt.

Tabelle 9.

Die Intensität der geistigen Arbeit in Mittelwerten.

Versuchs-personen	Anzahl der während der Versuchsdauer gelöst. Aufgaben	Dauer der geistigen Arbeit in Minuten	Anzahl der pro Minute gelösten Aufgaben	Mittelwerte der Lösungs-geschwindigkeit pro Minute
Ch.	18,25	15,8	1,36	0,99
W.	42,6	18,9	2,2	0,4
L.	44,18	16,8	2,7	0,4

Gliedert man die Versuche nach der Intensität der geleisteten Arbeit in Gruppen und vergleicht man sie mit der entsprechenden Zunahme des

Gaswechsels, so zeigt sich, wie aus Tab. 10 ersichtlich, daß mit der Größe der Arbeitsintensität Sauerstoffverbrauch und Energieumsatz zunehmen.

Tabelle 10.

Versuchsgruppe	Relative Zunahme des Sauerstoffverbrauches im Durchschnitt	Relative Zunahme des Energieverbrauches in Kalorien aus dem respiratorischen Quotienten berechnet	
a) Größte Intensität der geistigen Arbeit. .	48,17%	44,7 %	Cl.
b) Mittlere Intensität derselben	11,80%	12,1 %	
c) Kleinste Intensität derselben	6,60%	8,3 %	
a) Größte Intensität der geistigen Arbeit. .	87,75%	88,4 %	W.
b) Mittlere Intensität derselben	17,80%	17,63%	

Eine Bestätigung der Angaben Chlopins liegt von Ilzhöfer vor, der bei sechs Personen den Energiewechsel bei geistiger Arbeit (Lesen, Auswendiglernen, Rechnen) mit dem oben besprochenen Apparat von Krogh untersuchte. Ilzhöfer fand bei seinen Versuchen eine mit steigender Arbeitsintensität erfolgende Zunahme des Volumens der ausgeatmeten Luft um 3,4—37%. Die Steigerung des Energiewechsels betrug bei leichter Arbeit 1—3,2%, bei schwerer Arbeit 2,3—8,6%. Bei Umrechnung der aus dem Gaswechsel erhaltenen Werte auf Kalorien vergrößerte sich der Energiewechsel im Durchschnitt in ersterem Falle um 1,6%, in letzterem Falle um 5% bis zu einem Maximum von 10,6%.

Berücksichtigt man, daß das Gehirn ca. 2% des Körpergewichtes ausmacht, so beträgt der in ihm stattfindende Energiewechsel ca. 0,4% des gesamten Tagesumsatzes. Aus den vorliegenden Untersuchungen ergibt sich, daß jeder geistigen Arbeit ebenso wie jeder körperlichen Betätigung ein physiologischer, von bestimmten stofflichen Veränderungen begleiteter Vorgang, der eine gesteigerte Sauerstoffzufuhr erfordert, zugrunde liegt. Damit ist aber keineswegs gesagt, daß diese Veränderungen und die dabei auftretenden Ermüdungsstoffe in beiden Fällen die gleichen sind.

Weitere Untersuchungen haben hier einzusetzen. Dieselben müßten auch festzustellen versuchen, ob die betreffenden Veränderungen nur in den Ganglienzellen, besonders der Hirnrinde oder auch in anderen histologischen Gebilden der Nervensubstanz, eventuell unter Vermittelung des Blutes Platz greifen, und wie sie sich gegenüber den Erregung hervorrufenden Veränderungen verhalten.

Es liegt wohl auf der Hand, daß aus solchen Untersuchungen 1. für die Hygiene von Geistesarbeitern, insbesondere auch von Schülern, die für ihre geistige und körperliche Entwicklung einer geeigneten und geregelten Unterrichtshygiene um so nötiger bedürfen, als in Deutschland — auf die Einrichtungen in anderen Ländern kann ich hier nicht näher eingehen — statt einer drei und mehr höhere Schulgattungen bestehen, die überdies in verschiedenen Staaten des Reiches infolge partikularistischer Anschauungen mit keineswegs einheitlichen Lehraufgaben junge Deutsche heranbilden, wie ich für vorkriegszeitliche Verhältnisse 1908 nachwies, 2. für die Hygiene von etlichen gewerblichen Arbeitern, deren Beschäftigung nicht nur

muskuläre Leistungen, sondern — man denke z. B. an die Lokomotivführer — unter Umständen erhebliche geistige Verrichtungen erfordert, praktische Schlüsse gezogen werden könnten.

Atzler (S. 194) erhebt gegen die Versuche der genannten Forscher den Einwand, daß die von ihnen angewandten Methoden zur Messung des Gaswechsels nicht ausreichen, um stoffliche Veränderungen bei geistiger Arbeit anzuzeigen. Auch dürfte nach ihm eine unkontrollierbare Beteiligung glatter Muskulatur für die Steigerung des Energiewechsels bei den Versuchen in Betracht zu ziehen sein.

Eine überall leicht und ohne erhebliche Störung der Arbeit durchführbare Methode, die nur die in der Ausatmungsluft enthaltene Kohlensäure als Indikator vorhandener Ermüdung in Betracht zieht, hat, nachdem schon Lahy und Hélitas solche Versuche angebahnt hatten, Polakov angewandt.

Er hat bei zwei Heizern und Arbeitern verschiedener industrieller Betriebe, in denen mit Einschaltung einer Ruhe- und Mittagspause von 7^h morgens bis 3^h nachmittags, Sonntags bis 12^h, gearbeitet wurde, frei von der Beeinflussung künstlicher Bedingungen, wie sie bei Laboratoriumsversuchen meistens bestehen, täglich alle 30 Minuten Kohlensäurebestimmungen ausgeführt, und zwar durch direkte Ausatmung in eine Handluftpumpe mit anschließender Überführung von 50 ccm in den Kohlensäurehandprüfer. Am Montag und Dienstag begannen die Arbeiter meistens im ausgeruhten Zustande ihre Beschäftigung. Während der Morgenstunden stieg die Arbeitsleistung allmählich an und hielt sich nachmittags annähernd auf gleicher Höhe bei einer Kohlensäureausscheidung von 2,7—3%. Am Mittwoch trat die Ermüdung deutlich hervor. Langsamer als an den beiden vorherigen Tagen erreichte die Arbeitsleistung in den Morgenstunden ihr Maximum, nachmittags nahm sie ab. Der Kohlensäuregehalt stieg beim Erreichen der Arbeitsspitze auf 3,5% und betrug später 4%. Der Donnerstag war infolge starker Ermüdung vormittags durch ein Arbeitsmaximum von kurzer Dauer gekennzeichnet, am Nachmittag verlief die Arbeit langsam und schwerfällig, wobei die ausgeschiedene Kohlensäure abnahm als Zeichen, daß die Arbeiter „sich selbst sparten".

Am Freitag nahm die Ermüdung weiter zu. Nach einer besonderen Anstrengung am Vormittag fiel die Arbeitsleistung von Stunde zu Stunde, die Mittagspause brachte keine nennenswerte Erholung. Mit der Absicht, durch Anstrengung am Nachmittag die Leistung zu vergrößern, stieg der Kohlensäuregehalt in der Ausatmungsluft bis 4,2% als Zeichen fortdauernder Ermüdung. Am Samstag erreichte die Ermüdung einen geringeren Höhepunkt bei einer Kohlensäureausscheidung von etwa über 3%.

Polakov weist auf Beobachtungen von Waller und De Decker hin, die Setzer und Schriftgießer in der Druckerei der Londoner „Times" untersuchten, wobei folgende Kohlensäurewerte, in Kubikzentimeter pro Sekunde berechnet, gefunden wurden:

(S. Tab. 11, S. 380).

Während die gleichmäßigen Handlungen dieser Arbeiter ein gleichmäßiges Steigen der ausgeatmeten Kohlensäure mit sich bringen, ist die Menge der letzteren bei den von Polakov untersuchten Heizern wegen der häufigen Schwankungen ihrer muskulären Beanspruchung bald größer, bald kleiner. Durch Schulung der Heizer mittels einer Scheinfeuerung, welche die bei der Ausführung der wirklichen Arbeit in Betracht kommenden Handlungen nachzuahmen gestattete, gelang es, die Leute so zu trainieren, daß der Kohlensäuregehalt der Ausatmungsluft, der nach der ersten Schulungsstunde noch 4,3% betrug, sich später nach einer wirklichen Arbeitsstunde nur noch auf 2,7% belief.

Tabelle 11.

Zeit	Setzer	Schriftgießer	Seitensetzer
5h nachmittags . . .	2,5	3,1	—
6h „ . . .	4,8	—	—
7h „ . . .	5,9	5,0	—
8h „ . . .	6,1	6,5	2,6
9h „ . . .	7,8	7,9	—
10h „ . . .	9,8	10,0	6,19
11h „ . . .	11,7	13,3	9,58
12h nachts	—	15,4	13,0
1h „	12,8	18,2	13,4
2h „	—	—	18,9
3h „	—	—	20,4

Polakov schließt aus seinen Untersuchungen, daß ein Kohlensäuremaximum in der Ausatmungsluft einen Maßstab für die Beanspruchung der Körpermuskulatur bildet. Bei graphischer Aufzeichnung entsprechen die Spitzen der Kohlensäurekurven der körperlichen Anstrengung. Jüngere und an Körpergewicht leichtere Arbeiter leisten in gleicher Zeit bei gleicher Kohlensäureabgabe mehr als ältere und schwerere Arbeiter.

Durch Schulung der Arbeiter läßt sich die Kohlensäureausscheidung für die gleiche Leistung produktiver Arbeit vermindern. Atzler (S. 170) macht darauf aufmerksam, daß Versuche, welche den Energieverbrauch nur nach der Kohlensäureausscheidung beurteilen, also wie die von Polakov, der Genauigkeit entbehren und höchstens zu allgemeiner Orientierung dienen können. Dies war wohl auch der Zweck der Polakovschen Untersuchungen.

Weiter käme für den Nachweis von Ermüdung beim Atmungsvorgang noch in Betracht, daß durch starke körperliche Anstrengung eine durch Erhöhung der Mittellage der Lungen und Zunahme der Residualluft bewirkte Verringerung der mittels Spirometer oder Gasuhr meßbaren Vitalkapazität eintritt. Durch Pflege von Leibesübungen läßt sich, wenigstens bei Jugendlichen, unter Zurückhaltung der Ermüdung die Vitalkapazität bis zu einer maximalen Fassungskraft von 6400 ccm (Schnell) und damit die Lungenlüftung erhöhen, was klinisch und hygienisch um so wichtiger ist, als dadurch, namentlich bei sitzender Lebensweise, einer Gefährdung der Spitzen und Wurzeln der Lungen durch Ansiedlung von pathogenen Keimen (Tuberkelbazillen) vorgebeugt wird (vgl. Mangold, Handbuch, S. 142, Schenk, S. 46).

Nach Obigi stellen sich als Zeichen der Ermüdung bei intensiver Gehirnarbeit oberflächliche Atmung und verringerte Atemfrequenz ein, zu der sich Unregelmäßigkeit und Herabsetzung der Funktion der Thoraxmuskulatur gesellen, und zwar in Zusammenhang mit unzureichender Ventilation der Lungen und infolge davon mangelnder Sauerstoffversorgung und mangelnder Ausscheidung der Kohlensäure. Daß bei diesen Vorgängen auch eine bestimmte gezwungene Körperhaltung mitspielt, geht aus den Untersuchungen von Badaloni und Oker-Blom an Schulkindern hervor.

9. Untersuchung des Harns.

Bei anstrengender körperlicher Betätigung, z. B. sportlichen Wettkämpfen, findet man eine veränderte Beschaffenheit des Harns, worüber neuerdings besonders Schenk (S. 96) Beobachtungen anstellte. Während

das spezifische Gewicht anfangs zurückgeht, erhöht es sich bald darauf. Die stark saure Beschaffenheit des Harns scheint der Größe der Anstrengung parallel zu gehen. Die Säurung ist nach Ryffel hauptsächlich der Anwesenheit von Milchsäure, nach Emden und Grafe auch der Phosphorsäure zuzuschreiben. Ferner finden sich Kristalle von Kalziumoxalat und Harnsäure. Die meisten der bei sportlichen Leistungen untersuchten Harne zeigen aufeinanderfolgend Eiweiß, Leukozyten, Erythrozyten und sogar hyaline und granulierte Zylinder. Diese Erscheinungen, die nach eingetretener Ruhe in umgekehrter Reihenfolge, wie sie sich einstellten, wieder verschwinden, deuten auf vorübergehende Alteration des vegetativen Nervensystems und der Niere. Auch besteht oft Oligurie. Die Temperatur des spärlich gelassenen Harns kann 39° C erreichen. Einige dieser Erscheinungen, insbesondere die Säurung, die ich auch bei Schwerarbeitern im Gießereibetrieb und bei Straßenpflasterern fand, mögen auf Ermüdung, andere vielleicht nur auf mechanische Erschütterungen zurückzuführen sein. Einige werden auch durch Erregung hervorgerufen. Dafür spricht, daß ich bei Examenskandidaten, z. B. im Abiturientenexamen, denen man schon äußerlich hochgradige Erregung am Zittern der Stimme anmerkte, Leukozyten und Eiweiß im Harn fand.

10. Untersuchung der Sehnenreflexe.

Schon Auerbach hat festgestellt, daß nach anstrengendem Radfahren der Patellarreflex einseitig oder doppelseitig geschwächt wird oder verschwindet, um erst nach mehreren Stunden, bei sehr anstrengender Leistung sogar erst nach Tagen, zur Norm zurückzukehren.

Baldes, Heuchelheim und Metzger beobachteten ähnliches nach Dauermärschen. Oekonomakis fand nach anstrengendem Lauf in den dabei beanspruchten Körpergebieten die Reflexe herabgesetzt.

Neuere Untersuchungen stammen von Scharnke (S. 64), der eine Verminderung des Patellarreflexes durch Ermüdung bei Läufern während der akademischen Olympiaspiele in Marburg 1924 nachwies. Klarfeld, Scheven und Sternberg konnten dagegen kein Nachlassen des Patellarreflexes als Zeichen der Ermüdung nachweisen.

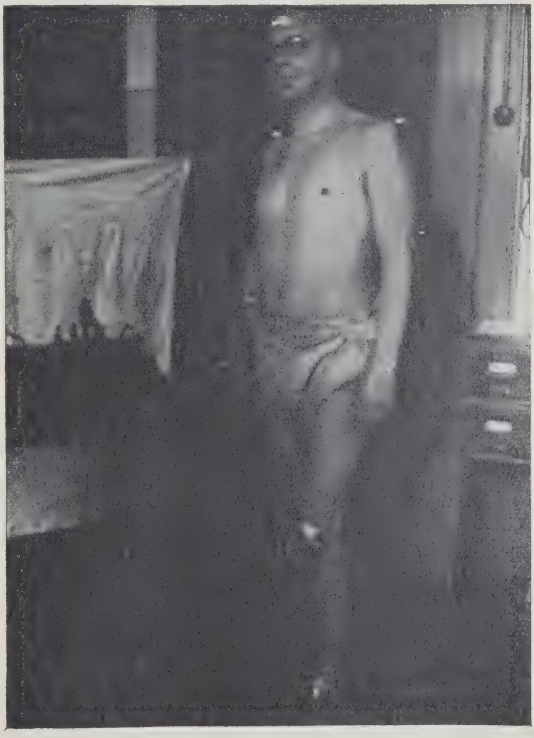


Fig. 10. Anbringung von Glühlämpchen am Körper eines Arbeiters zwecks photographischer Aufnahme von Bewegungen einzelner Körpergebiete nach G. Lehmann 1. Aus Zeitschr. f. Gewerbehyg.

11. Bewegungsstudien.

Da Ermüdung im Ablauf von Bewegungen und der Haltung der zu ihrer Ausführung benutzten Körperteile zum Ausdruck kommt, suchte G. Lehmann, ähnlich wie vor ihm schon Gilbreth (vgl. Karbach, S. 29), diese Vorgänge mittels photographischer Aufnahmen zu verfolgen. Zu diesem Zwecke wurden an verschiedenen Körperstellen der Arbeiter mit Heftpflaster kleine Glühlämpchen angebracht, deren Leitungsdrähte am Rücken der Versuchspersonen angeordnet waren, um diese in ihren Bewegungen nicht zu behindern (Fig. 10). Um das Aufleuchten der Lämpchen in bestimmtem Rhythmus zu ermöglichen, diente ein Apparat (Chromozyklograph), der im wesentlichen aus zwei Federunterbrechern besteht (Fig. 11), von denen der eine 5—25, der andere 20—80 Unterbrechungen in der Sekunde liefert. Vor den Unterbrechern befinden sich Drahtwiderstände zur Regulierung der Lichtstärke. Von der + Klemme 1 (am weitesten links) wird ein schnell, von der + Klemme 2 ein langsam unterbrochener Strom, von der + Klemme 3 ein Strom abgeleitet, bei dem langsamer und schneller Rhythmus überlagert sind, von der + Klemme 4 geht ein konstanter Strom aus. Für alle Stromkreise kommt ein und dieselbe — Klemme in Betracht. Der Apparat wird je nach der Anzahl der am Körper befindlichen Lämpchen mit 2—4 Akkumulatoren in Betrieb gesetzt.

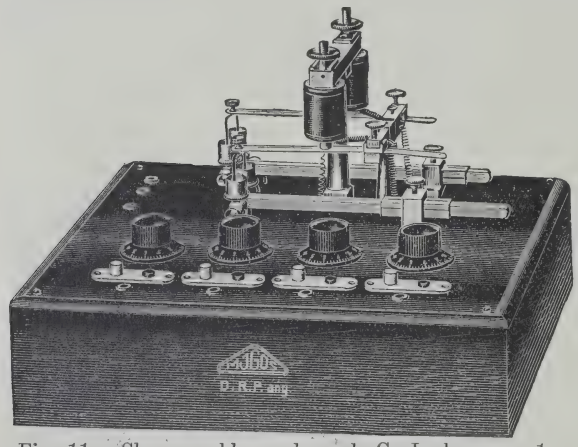


Fig. 11. Chromozyklograph nach G. Lehmann 1. Bezugsquelle: Goldberg & Söhne, Berlin.

Es lassen sich mit dem Apparat vier verschiedene Stromkreise herstellen, die auf einer photographischen Platte Kurven von kontinuierlicher bzw. unterbrochener Art erzeugen.

Solche Aufzeichnungen dienen dazu, die Kurven voneinander zu unterscheiden. Macht man die Aufnahme im Hellen, so lassen sich wenig bewegte Körperteile der Versuchsperson deutlich erkennen. Sollen kompliziertere Arbeitsbewegungen und stärkere Bewegungen des ganzen Körpers dargestellt werden, so erfolgt die Aufnahme im Halbdunkel, wobei auf der Platte nur die Kurven sichtbar sind. Aus den Kurven lassen sich Schlüsse auf Ermüdung und Übung der Arbeiter ziehen. Die Ermüdung kommt in der Variabilität der Kurven zur Geltung. Mit zunehmender Ermüdung weichen dieselben auseinander statt sich zu decken, doch kommen hierfür auch psychische Vorgänge in Betracht. Ein Ermüdungszeichen bei statischer Arbeit sind Zitterbewegungen, die sich auch an den Kurven bemerklich machen. Die Aufnahme von Kurven nur statisch oder mit sehr langsamen Bewegungen arbeitender Körperteile geschieht zweckmäßig auf einen gleichförmig laufenden Film mit einem Kinematograph, dessen Blende und Greifermechanismus entfernt wurden. Die einzelnen, sehr interessanten Kurvenbilder, die Lehmann in seiner Mitteilung bringt, können hier aus Mangel an Raum nicht wiedergegeben werden.

II. Psychologische Methoden.

1. Das Sikorski-Höpfnersche Diktatschreiben.

Sikorski beabsichtigte die durch Schulunterricht bewirkte geistige Ermüdung durch die Zunahme der Fehler nachzuweisen, welche die Schüler in einem nach den Unterrichtsstunden angefertigten Diktat im Vergleich mit einem solchen machten, das in arbeitsfreier Zeit ausgeführt wurde. Für die Dauer der Diktate waren ca. 15 Minuten festgesetzt. Bei der Bewertung der Fehler unterschied er Versehensfehler (Schreibfehler), Kenntnisfehler (orthographische Fehler), psychische, durch Mangel an Aufmerksamkeit hervorgerufene und ursächlich unbekannte Fehler. Aus dem Prozentsatz aller Fehler in dem vor und nach dem Unterricht geschriebenen Diktat wurde die Leistung in bezug auf ihre Herabsetzung durch Ermüdung beurteilt. Später wurde die Methode angewandt und weiter ausgebaut von Friedrich, Höpfner, Bellei u. a.

2. Die Rechenmethode (Burgerstein, Laser, Kraepelin, Heck, Oker-Blom, Garth, W. Specht, Haeseler, Wolf u. a.)

Man läßt einzifferige Zahlen, die in zwei Reihen untereinander stehen, addieren oder subtrahieren, oder man verlangt Multiplikationen oder Divisionen. Bei dem ursprünglich von Kraepelin angewandten fortlaufenden Addieren einstelliger Zahlen hatte man keine genügende Fehlerkontrolle. Je weniger Ziffern die Rechnung in einer dafür angesetzten Zeit umfaßt und je mehr Fehler sich darin finden, desto sicherer soll sich auf vorhandene Ermüdung schließen lassen. Es darf aber nicht verkannt werden, daß wenn die auf die Methode verwandte Zeit auch nur 5 Minuten beträgt, wie Kraepelin vorschlug, die Übung dabei eine Rolle spielt. Durch diese läßt sich, wenn die Arbeitsfähigkeit infolge vorhandener Ermüdung bereits gesunken ist, die Leistung nicht nur auf gleicher Höhe halten, sondern sogar verbessern (vgl. Prandtl). Das trifft auch für allerhand Antriebe zu. Ferner ist aber auch zu berücksichtigen, daß gerade Rechnen sehr bald selbst Ermüdung mit sich bringt. Aus diesen beiden Gründen sollten die Versuche jedenfalls nicht länger als 1 Minute dauern. Hinsichtlich des Vergleiches der Prüfungsergebnisse zur Beurteilung geistiger Ermüdung mehrerer Versuchspersonen sei auf nachfolgende zwei Beispiele zahlreicher Beobachtungen hingewiesen, die ich selbst mit der Rechenmethode anstellte.

Versuch 1. An einem Sonntagmorgen wurde mit drei 16jährigen Schülern nach 9stündiger Nachtruhe derselben um 10^h — irgendwelche geistige und körperliche Betätigung war bis dahin nicht ausgeübt — ein Rechenversuch unternommen und das Ergebnis als Normale betrachtet. Am Montag wurde der Versuch — natürlich mit anderen Zahlen im übrigen aber in gleicher Weise — um 7^h morgens vor Beginn der Schule, dann nach 5stündigem Vormittagsunterricht um 12^h und nach 3stündigem Nachmittagsunterricht um 5^h wiederholt. Das Additionsresultat zeigt Tab. 12.

Tabelle 12.

Name der Schüler	Normale, Sonntag 10^h	7^h morgens	12^h mittags	5^h nachmittags
R.	152	141	123	107
L.	137	134	113	92
B.	117	112	95	86

Man ersieht aus der Tabelle, falls der Versuch, wie angenommen wird, über die geistige Leistungsfähigkeit Aufschluß zu geben vermag, daß alle drei Schüler an dem Schultage morgens um 7^h weniger leistungsfähig waren, als in der Sonntagsprüfung.

Ferner ist aus der Tabelle ersichtlich, daß die Leistung während der Tagesarbeit nicht unerheblich abnimmt. Angenommen, die Methode ließe sich zum Nachweis der geistigen Ermüdung verwenden, so geht aus der Tabelle doch nicht ohne weiteres hervor, welcher von den drei Schülern am müdesten war. Um die Zahlen in dieser Hinsicht vergleichbar zu machen, kann man verschiedene Wege einschlagen. Einer derselben besteht darin, daß man unter Berücksichtigung der Normalen, bei der die Ermüdung gleich Null angenommen werden möge, die Zahlenverhältnisse bildet. Diese zeigt Tab. 13.

Tabelle 13.

Name der Schüler	Sonntag 10^h	7^h morgens	12^h mittags	5^h nachmittags
R.	0	$\frac{11}{152} = 0{,}07$	$\frac{29}{152} = 0{,}19$	$\frac{45}{152} = 0{,}296$
L.	0	$\frac{3}{137} = 0{,}02$	$\frac{24}{137} = 0{,}175$	$\frac{45}{137} = 0{,}328$
B.	0	$\frac{5}{117} = 0{,}043$	$\frac{22}{117} = 0{,}188$	$\frac{31}{117} = 0{,}265$

Aus dieser Tabelle, in welcher die Begabung für Rechnen und die Übung ausgeschaltet sind, läßt sich schließen, daß R. seinen Kameraden morgens 7^h an geistiger Frische nachsteht und B. in dieser Hinsicht hinter L. zurückbleibt. Um 12^h ist R. der müdeste, dann folgt B., dann L. Nach beendetem Schulunterricht hat sich bei L. am meisten Müdigkeit eingestellt, dann folgt R., dann B.

Versuch 2. Den 17jährigen Schülern D., W. und B. wurden an einem Schultage um 7^h, 10^h, 12^h vormittags und um 2^h nachmittags zwei untereinander stehende Reihen mit 36 einzifferigen Zahlen vorgelegt. Mit dem Chronometer wurde die Zeit festgestellt, die zur Addition erforderlich war. Das Ergebnis zeigt Tab. 14.

Tabelle 14.

Name der Schüler	7^h morgens	10^h morgens	12^h mittags	2^h nachmittags
D.	37 Sek.	45 Sek.	44 Sek.	34 Sek.
W.	56 „	60 „	59 „	56 „
B.	40 „	51 „	53 „	38 „

Angenommen, daß morgens 7^h die drei Schüler — sie waren am Abend vorher um 10^h zu Bett gegangen und am Untersuchungstage um 6^h aufgestanden — geistig völlig ausgeruht zum Unterricht kamen, so würde ihre um 7^h gelieferte Leistung als Normalleistung zu betrachten sein. Es wäre nun falsch, wenn man aus den Angaben der Tabelle auf die Ermüdung der Schüler einen Schluß ziehen wollte. Man muß dieselbe folgendermaßen bewerten:

D. hat um $10^h \frac{8}{37}$, um $12^h \frac{7}{37}$ mehr und um $2^h \frac{3}{37}$ weniger Zeit zum Addieren gebraucht als um 7^h. Führt man dieses Verfahren auch für die beiden anderen Schüler durch, so erhält man die Werte in Tab. 15.

Tabelle 15.

Name der Schüler	7^h morgens	10^h morgens	12^h mittags	2^h nachmittags
D.	0	$\frac{8}{37} = 0{,}216$	$\frac{7}{37} = 0{,}189$	$-\frac{3}{37} = -0{,}081$
W.	0	$\frac{4}{56} = 0{,}071$	$\frac{3}{56} = 0{,}054$	0
B.	0	$\frac{11}{40} = 0{,}275$	$\frac{13}{40} = 0{,}325$	$-\frac{2}{40} = -0{,}05$

In Fig. 12 ist vorstehendes Ergebnis graphisch dargestellt und die Unterrichtsfächer sind hinzugefügt. Rechenfehler wurden in beiden Versuchen nicht gemacht.

Die Tab. 15 und Fig. 12 zeigen — immer vorausgesetzt, daß die Methode als brauchbar zugelassen werden darf —, daß die Schüler D. und B. morgens 7^h nicht völlig ausgeruht waren, sondern daß die Arbeit bereits mit einem gewissen Grade von geistiger Ermüdung begonnen wurde. Das kommt, wie ich öfters zu beobachten Gelegenheit gehabt habe, auch bei Arbeitern in gewerblichen Betrieben vor. Vom hygienischen Standpunkte betrachtet, sind derartige Ermüdungsreste bedenklich. — Mittels der Rechenmethode glaubt Sippel festgestellt zu haben, daß geistige Arbeit durch Einschaltung von Pausen, die mit körperlicher Betätigung (Turnen) ausgefüllt werden, günstig beeinflußt werden kann, und daß sich während wissenschaftlichen Unterrichtes entstandene Ermüdung durch solches Verfahren beseitigen läßt. In einigen Schulen wird vom Pausenturnen Gebrauch gemacht, um dadurch der unvorteilhaften Muskelbeanspruchung beim Sitzen entgegenzuwirken, sowie Atmung und Blutzirkulation anzuregen. Flokkenhaus will gefunden haben, daß geistige Leistungsfähigkeit durch sportlichen Lauf erhöht wird. Nach eigenen Untersuchungen kann ich den Angaben von Sippel und Flockenhaus nicht beipflichten. Wohl kann Willensspannung sowie durch körperliche Betätigung hervorgerufene Erregung das Ermüdungsgefühl aufheben und die Ermüdung vorübergehend verdecken, letztere wird aber dadurch nicht nur nicht beseitigt, sondern kommt, sobald beide aufhören, infolge der körperlichen Betätigung deutlicher zum Vorschein. Noch bevor dies eintritt, werden, wenn unmittelbar nach Körperübungen geistige Arbeit zu leisten ist, Einstellung und Konzentration der Aufmerksamkeit auf diese durch die mit körperlicher Betätigung verbundene Erregung beeinträchtigt. Die Pausen zwischen Unterrichtsstunden sollten wirkliche Ruhepausen sein, jedenfalls nicht mit lebhaften oder gar anstrengenden Bewegungen ausgefüllt werden.

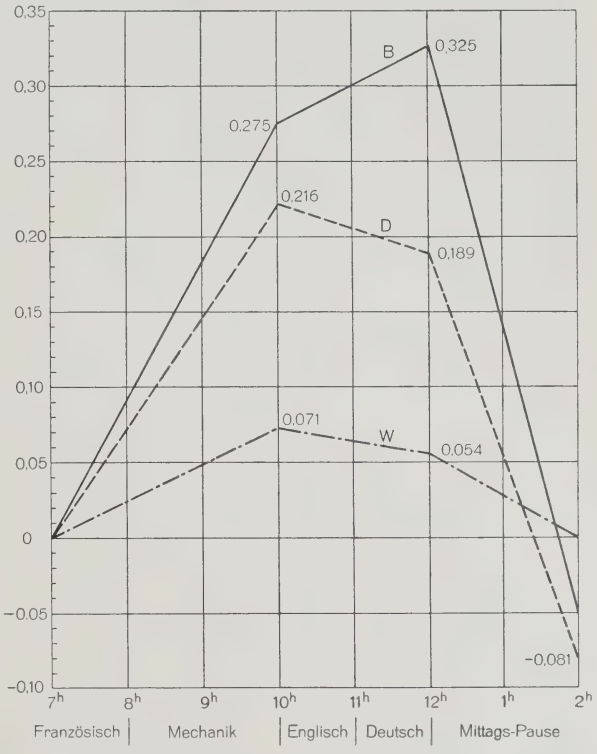


Fig. 12. Schülerermüdungskurven.

Wenn Holmes bei Versuchen mit Schulkindern, die er rechnen und kopieren ließ, gefunden haben will, daß im Verlauf dieser Beschäftigungen ausgeführte Turn-

bewegungen einen günstigeren Einfluß auf die Leistung ausübten als Ruhe, so ist leider nicht ersichtlich, ob dabei nicht auch Übung in Betracht kam.

Übrigens hat außer mir bereits Bettmann festgestellt, daß Turnen und andere Gymnastik nicht als Erholung vor und zwischen geistigen Arbeitsleistungen betrachtet werden können (vgl. auch Clod-Hansen, Teljatnik, Oker-Blom, Bum, Widowitz, Miesemer, Ewig und Wohlfeil).

Daß Geistes- und Leibesübungen als gleichberechtigt für die Entwicklung der Persönlichkeit und für die Volkswohlfahrt zu betrachten sind, erstere von den letzteren und letztere von den ersteren nicht erdrückt werden dürfen, sondern beide harmonisch miteinander im Schulbetrieb verbunden sein müssen, um zu einer physiologischen und hygienischen Gestaltung desselben beizutragen, wurde von mir bereits in der Plenarsitzung der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Kassel 1903 betont und ist in den Verhandlungen der deutschen und ausländischen Vereine und Kongresse für Schulhygiene seit 1904 öfters zur Sprache gebracht worden. Auch Schnell ist in seinen Ausführungen neuerdings energisch dafür eingetreten. Die von ihm geforderte tägliche Turnstunde habe ich in den Unterrichtsplan, insbesondere der höheren Schulen einzugliedern versucht und diesen Plan dem internationalen Kongreß für Schulhygiene in London 1907 und der Jahresversammlung des deutschen Vereins für Schulgesundheitspflege in Darmstadt 1908 vorgelegt und zur Diskussion gestellt. Wenn Schnell aber frische und kräftige Leibesübungen am Morgen und den Wechsel von Turnunterricht und geistigen Fächern unter Berufung auf die Sippelschen Beobachtungen empfiehlt, so wird dadurch nicht genützt, sondern geschadet. Das Richtige ist, wie auch Sellheim in der Diskussion zu Schnells Vortrag hervorhebt, den Vormittag der geistigen Arbeit und den Nachmittag der körperlichen Ertüchtigung zu widmen; vgl. auch O. Stählin, S. 61.

3. Das Kombinationsverfahren von Ebbinghaus.

In einem gedruckten Text fehlen einzelne Silben oder Wörter, die Prüflinge haben das Fehlende sinnvoll zu ergänzen. Die Methode ist nur brauchbar, wenn die Textlücken nicht planlos, wie man bei Ebbinghaus findet, verteilt und so gewählt werden, daß dem Leser genügend Kombinationsmöglichkeit bleibt, daß die erforderlichen Ergänzungen dem Wissen desselben angepaßt sind und für das Gestrichene hinsichtlich seiner Stellung und Bedeutung im Satzbau ein bestimmtes System eingehalten wird.

Ohne Beachtung dieser Punkte stößt die Bewertung der Leistung auf Schwierigkeiten. Hierauf sowie auf verschiedene Verbesserungen der Methode machte schon Meumann (Bd. 2, S. 443ff.) aufmerksam. Ferner ist darauf hinzuweisen, daß Versuche mit dieser Methode, die sich besser zur Intelligenz- als zur Ermüdungsprüfung eignet, wenn sie zu lange fortgesetzt werden, kein reines Bild der vorhandenen Ermüdung geben, weil zu dieser noch diejenige hinzukommt, welche die Methode selbst hervorruft. Andererseits bleibt aber bei zu kurzer Versuchsdauer zu wenig Zeit für sinnvolle Ergänzungen. Auch ist die Methode in hohem Grade von formaler Gewandtheit und von Beherrschung der Sprache abhängig. Infolge von Übung fällt die Leistung sehr oft nach der Arbeitszeit besser als vor derselben aus.

4. Buchstabenstreichungsmethode.

Zur Ausführung der Versuche wird den Prüflingen vor und nach der zu beurteilenden Arbeit ein beliebiger gedruckter Text vorgelegt, in welchem sie bestimmte Buchstaben zu streichen haben. Die von Bourdon stammende Methode ist oft zur Prüfung der Aufmerksamkeit, der Intelligenz und Unterscheidungsfähigkeit benutzt worden (vgl. Cattel und Ferrand, Wissler, Thorndike, Binet, Winteler, Krasnov).

Ziehen wählte drei verschiedene Texte von 10—20 Zeilen. Text 1 besteht aus sinnlosen Buchstaben- oder Silbenkombinationen, Text 2 aus

bekannten, beliebig nebeneinander gestellten Wörtern, Text 3 aus einer sinnvoll zusammenhängenden Erzählung, um die Ablenkung der Aufmerksamkeit durch den Inhalt, der mehr oder weniger gefühlsbetont gestaltet wird, kennen zu lernen (S. 382). Ewig und Wohlfeil weisen darauf hin, daß diese Ablenkung die Leistungsfähigkeit beeinträchtigt. Sie verwenden daher zur Ermüdungsprüfung nur sinnlose Silben. Mikulski und Siwinski wählten Vorlagen, auf welchen in Antiqua beliebig aufeinanderfolgende Konsonanten von 3 mm Höhe, z. B. SMKNTZCBLHPFDG usw., in horizontalen Reihen angeordnet waren. Da der Buchstabe P mit BRFT eine gewisse Ähnlichkeit in der Form besitzt, wurde, um eine möglichst große Aufmerksamkeit zu erzielen, bestimmt, diesen zu streichen.

Während für die Versuche meistens eine bestimmte Zeit festgesetzt und die Zahl der während dieser Zeit gestrichenen Buchstaben nebst den gemachten Fehlern zur Bewertung der Leistung benutzt wurde, lassen Ewig und Wohlfeil den Versuchspersonen bezüglich der Zeit freien Spielraum und bewerten die Leistung aus dem Verhältnis des zu erledigenden Stoffes und der zur Erledigung erforderlich gewesenen Zeit. Auslassungen und falsche Streichungen wurden als Fehler in Prozenten (nF— %) gebucht, die Zahl der richtigen Streichungen in bezug auf die Anzahl der im Text vorhandenen zu streichenden Buchstaben wurde als eigentliche Arbeit (nR—%) gerechnet. Da die Zahl dieser Buchstaben für die einzelnen Versuche zwischen 70 und 200 schwankte, mußte die Zeit, in welcher die Arbeit erledigt wurde, nicht absolut, sondern relativ in Sekunden/Anzahl der Buchstaben (rZ = Z/n) gerechnet werden. Dadurch wird die relative Arbeitsleistung rL in jedem Versuch der Anzahl der richtigen Streichungen direkt und der rZ umgekehrt proportional, $rL = \frac{nR\,\%}{rZ}$. Die Leistung wird also nach der Qualität und Zeitdauer der ausgeführten Arbeit bewertet. Im Falle, daß keine Fehler gemacht werden, kann die Leistung im Vergleich zu einer anderen mit Fehlern doch schlechter sein, wenn für erstere eine längere relative Zeit erforderlich war.

Bei der Bewertung der geistigen Leistung der Prüflinge nach Zeit und Qualität sind folgende Möglichkeiten in Betracht zu ziehen: 1. Die Prüflinge benötigen eine längere relative Zeit zur Lösung der Aufgabe und machen dabei mehr Fehler nach den Körperübungen als vor denselben. In diesem Falle handelt es sich um Verminderung der geistigen Leistung. 2. Nach der körperlichen Betätigung werden zwar mehr Fehler gemacht als vor derselben, aber die auf die Lösung der Aufgabe verwandte relative Zeit war nachher kürzer als vorher. Hierbei ergibt sich für die Leistung teils ein Minus, teils ein Plus. 3. Die nach den Körperübungen auf die Prüfungsarbeit verwandte relative Zeit ist kürzer als die, welche dafür vor denselben erforderlich war, und die nach den Körperübungen ausgeführte Arbeit enthält weniger Fehler als die vor denselben erledigte. Dann liegt Leistungssteigerung vor. Ewig und Wohlfeil fanden nun bei ihren Versuchen mit der Bourdonmethode, die sie im Gegensatz zur Ansicht Haeselers für geeignet halten, daß bei anstrengender körperlicher Betätigung der erste oder zweite Fall, nie dagegen der dritte Fall eintrat.

5. Verfahren von Jaensch.

Statt der Buchstabenstreichmethode kann auch ein von Jaensch herrührendes Verfahren angewandt werden. Auf die eine Seite eines Blattes

Papier werden vier senkrecht nebeneinanderliegende Reihen fünfstelliger Zahlen geschrieben. Jede Reihe enthält 25 Zahlen, im ganzen sind also 100 vorhanden. Auf der anderen Seite des Blattes stehen in einer Reihe 30 Zahlen untereinander, die aus den Zahlen der ersten Seite beliebig ausgewählt wurden. Die Versuchsperson hat diese 30 Zahlen unter den 100 Zahlen der ersten Seite der Reihe nach aufzusuchen und zu streichen.

Die Leistung wird um so höher bewertet, je schneller das Auffinden und Streichen erfolgt. Da diese Arbeit eine besonders scharfe Konzentration der Aufmerksamkeit erfordert, die durch Ermüdung beeinträchtigt wird, müßte die Methode nach Scharnke und Haeseler zum Nachweis der Ermüdung geeignet sein. Die Autoren haben aber, wie es scheint, nicht bedacht, daß durch das fortwährende Wenden der Blätter die Aufmerksamkeit abgelenkt und durch die dauernd wechselnden Augenbewegungen nicht unerhebliche Ermüdung hervorgerufen wird.

6. Das Wortassoziationsverfahren. (Aschaffenburg, Ranschburg, Focher.)

Es wird eine Reihe Konkreta und Abstrakta vorgelegt, oder solche Worte werden vorgesprochen. Zu jedem „Reizwort" ist in einer bestimmten Zeit ein sinnvoll passendes Wort zu ergänzen. Kent und Rosanoff haben eine Liste solcher Worte aufgestellt, aus der sich je nach dem Auffassungsvermögen der Versuchsperson passende auswählen lassen. Auch Giese hat verschiedene Wortreihen zusammengestellt. In der Ermüdung ist die Verknüpfung der durch das gegebene Wort ausgelösten Vorstellung und der, welche die Wahl des Ergänzungswortes entscheidet, gehemmt und verlangsamt. Auch entstehen oft inhaltsarme Gewohnheitsassoziationen. Die auftauchende Vorstellung erstreckt sich weniger auf den im Reizwort enthaltenen Sinn als vielmehr auf dessen Klang. Der geistige Wert der gelieferten Ergänzung erleidet in der Ermüdung Einbuße.

Es darf aber nicht übersehen werden, daß Disposition und Intelligenz der Versuchspersonen auf die Leistung von Einfluß sind, und daß eine Verschlechterung des Assoziationsvermögens auch durch Erregung eintreten kann. Man denke an den Examensstupor (Max Müller). Dies trifft nicht nur für Versuche über Wortassoziation, sondern überhaupt für alle psychologischen Methoden zu. Aus diesem Grunde ist es außerordentlich schwer, zu entscheiden, ob die Fehler bei psychologischer Prüfung der Ermüdung oder der Erregung zuzuschreiben sind. Man sollte daher psychologische Prüfungen stets mit solchen Methoden verbinden, die wie die Ästhesiometermethode (s. später) ein deutliches Erkennen von Erregung und Ermüdung ermöglichen. Dieses Verfahren ist von mir bereits vor Jahren angewandt worden.

Wie bei der genannten Wortassoziation handelt es sich auch bei der Wortpaarmethode (Ries) und der Dreiwortmethode (Masselon, Jaensch) um logisches, sinngemäßes Zusammenstellen.

7. Dreiwortmethode.

Hierbei werden etwa 15 Reihen zu je drei Wörtern, die in einen inhaltlichen Zusammenhang gebracht werden können, langsam zweimal vorgelesen. Dann wird das erste Wort jeder Reihe wiederholt und die Versuchsperson veranlaßt, die zugehörigen Wörter aufzuschreiben. Bei der Bewertung der Aufgabe gilt jedes in richtiger Reihenfolge reproduzierte Wort als ein-

wandfreie Leistung. In falscher Reihenfolge wiedergegebene Wörter oder andere, aber sinngemäß seitens der Versuchsperson gemachte Ergänzungen und fehlende Wörter werden als Fehler gerechnet. Mit dieser Methode hat neuerdings Richter Versuche über geistige Ermüdung von Offizieren und Mannschaften nach anstrengender sportlicher Betätigung angestellt. Er fand, daß der Intellekt bei solchen Prüfungen von Einfluß auf die geistige Leistung ist, daß die Ermüdung bei derselben in der Fehlerzahl deutlich zum Ausdruck kommt, und daß körperliche Anstrengungen bei ungeübten Sportlern früher als bei Trainierten geistige Ermüdung hervorrufen. Über die Variierbarkeit dieser Methode besonders als Intelligenztest vgl. Giese (S. 105ff.). Im Gegensatz zu Richter erklären Scharnke und Haeseler (S. 61/62) die Dreiwortmethode (Jaensch, Bd. 2) zum Nachweis der bei körperlichen Anstrengungen eintretenden geistigen Ermüdung für unsicher.

8. Die Merkfähigkeit für Figuren. (Rybakow, R. Sommer, Noebel.)

Auf Karton geklebte Figuren (s. Fig. 13) werden in bestimmter Reihenfolge in einen Holzrahmen eingesetzt und während einer bestimmten Zeit den Prüflingen gezeigt. Letztere sind im Besitz eines Blankoformulares mit gleicher Felderung und Numerierung. Es wird verlangt, in einer bestimmten Zeit die im Gedächtnis behaltenen Figuren nach Form und Platz richtig in das Blankoformular einzuzeichnen. Bei der Bewertung der Leistung im unermüdeten und ermüdeten Zustand werden falsch gezeichnete, falsch lokalisierte und fehlende Figuren als Fehler gerechnet.

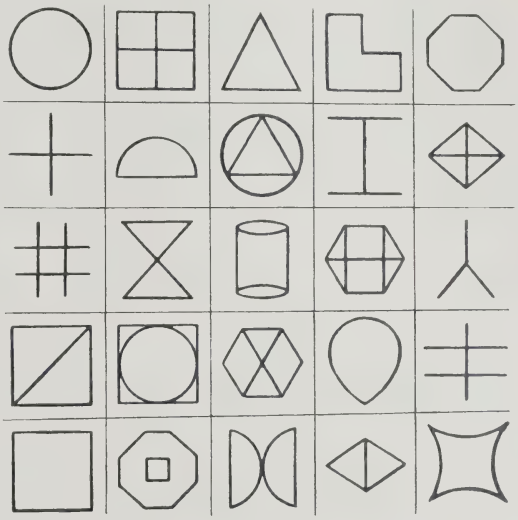


Fig. 13. Figuren zur Prüfung der Merkfähigkeit.

9. Merkfähigkeit für Gegenstände oder Wörter.

Ein ähnliches, von E. Gotschlich unter der Bezeichnung Polyeidoskopie (*πολυειδής*, vielartig, mannigfaltig; *σκοπέω*, beobachte) vorgeschlagenes Verfahren besteht in der Reproduktion gesehener Gegenstände oder gehörter Worte. Es müssen natürlich solche gewählt werden, deren Name und Zweck dem Prüfling bekannt sind (s. G. Schad, M. Sondheim). Unter dem Einfluß der Ermüdung verzögert und vermindert sich die Reproduktion.

III. Physiologisch-psychologische Methoden.

Physiologischer Art sind dieselben insofern, als dabei Beanspruchung von Sinnesorganen und Muskeln der Versuchspersonen erforderlich ist, psychologischer Art sind sie insofern, als es sich dabei um intensive oder extensive Vorstellungen handelt, d. h. um solche, die auf qualitative

Eigenschaften von Empfindungen bzw. auf räumliche oder zeitliche Anordnung derselben zurückgehen (vgl. Wundt, Bd. 2, S. 386ff.).

1. Reaktionszeitbestimmung.

Unter Reaktionszeit versteht man die zwischen dem Auftreten eines kurzen Sinnesreizes und einer bewußt ausgelösten Bewegung gelegene Zeit. Grundlegende Versuche stammen von S. Exner (1873). Er war es auch, der die Bezeichnung „Reaktionszeit" einführte (S. 609), der erkannte, daß dieselbe durch Übung verkürzt, durch Ermüdung verlängert wird (S. 627) und zu ihrer Messung bis auf Tausendteile von Sekunden mit H. Obersteiner einen einfachen Apparat erfand, den er Neuramöbimeter (ἡ ἀμοιβή, Entgegnung, Antwort) nannte (abgebildet und beschrieben S. 659, Tab. VII). Hilscher stellte damit Untersuchungen an Schulkindern an. Meistens wird die Reaktionszeit jetzt mit Chronographen oder Chronoskopen gemessen, von denen es verschiedene Konstruktionen gibt.

Ein Chronograph besteht aus einem Uhrwerk, das eine senkrecht oder wagrecht gelagerte Kymographiontrommel in Umdrehung versetzt. Vor der Trommel und parallel zu ihrer Achse befindet sich ein Schlitten mit einer elektromagnetisch erregbaren Stimmgabel von 500 Schwingungen in der Sekunde. An der einen Zinke derselben ist eine Schreibborste befestigt. Ferner sind an dem Schlitten drei Elektromagnete angebracht, deren Anker je eine Schreibspitze tragen. Durch die Schreibvorrichtungen werden bei fortschreitender Bewegung des Schlittens vier parallel laufende Kurven auf der Trommel verzeichnet. Die Bewegung der Ankerschreibspitzen ist so beschaffen, daß die Anziehung jedes Ankers eine Abweichung der zugehörigen Schreibspitze von der ursprünglichen Lage bewirkt, in die sie beim Loslassen der Anker zurückkehrt.

Auf diese Weise entstehen an den Schreibspitzenkurven bei Eintritt des Reizes und der Reaktionsbewegung infolge von Stromöffnung und Stromschluß Ausbuchtungen, aus deren Abstand voneinander durch Auszählung der dazwischen gelegenen sekundlichen Ausschläge der Stimmgabelschwingungskurve die zwischen Reiz und Reaktionsbewegung liegende Zeit festgestellt wird.

Das Hippsche Chronoskop (vgl. Wundt, Bd. 3, S. 365, Lit. Ziehen, S. 438) ist ein durch ein Gewicht getriebenes Uhrwerk, das zum Schutz mit einer Glashaube bedeckt wird, die eine Bohrung für den Aufzugsschlüssel enthält. Zwei an Hebeln befestigte Schnüre dienen zum Ein- und Ausschalten des Uhrwerkes. Dieses setzt ein Steigrad in Umdrehung. Dabei gerät eine in die Zacken desselben eingreifende metallene Feder in Schwingungen, von denen 1000 auf eine Sekunde kommen. Beim Ausweichen der Feder wird das Steigrad in einer tausendstel Sekunde um einen Zahn weitergerückt. Die Uhr hat zwei Zifferblätter, auf dem oberen befindet sich ein kleiner, auf dem unteren ein großer Zeiger. Zunächst wird die Bewegung des Steigrades mittels eines sogenannten Kronenrades auf die Achse des kleinen Zeigers und durch weitere Räder dann auch auf die Achse des großen Zeigers übertragen. Die Achse des kleinen Zeigers ist durch eine Feder so verschiebbar, daß er nebst dem großen Zeiger, auch wenn das Uhrwerk in Tätigkeit ist, still steht. In das Uhrwerk sind zwei Elektromagnete eingebaut, deren Anker durch einen Hebel mit der Achse des kleinen Zeigers verbunden sind. Durch einen Strom werden die Elektromagnete betätigt, und der mit dem Anker verbundene Hebel schiebt die Achse des kleinen Zeigers in die richtige Lage, wodurch beide Zeiger in Umlauf gebracht werden. Die Einkoppelung der Zeiger erfolgt durch den Reiz, ihre Auskoppelung durch die Reaktionsbewegung der Versuchsperson. Zur Auffindung von Ungenauigkeiten im Anziehen und Loslassen der Ankervorrichtung des Chronoskopes wird dasselbe mit einem Kontrollhammer (Wundt, Bd. 3, S. 374) oder Kontrollpendel verbunden und geprüft. R. Schulze (Aus der Werkstatt der experimentellen Psychol. u. Pädag., Leipzig, Voigtländer, 3. Aufl., 1913) hat das Hippsche Chronoskop unter Verwendung einer Induktionsrolle und eines polarisierten Magneten so abgeändert, daß es stets, auch bei verschiedenen starken Strömen, unter Ausschluß von remanentem Magnetismus mit gleicher Genauigkeit arbeitet, wodurch umständliche Prüfungen wegfallen. Die Reaktionszeit wird an den Zifferblättern abgelesen.

Der kleine Zeiger macht in $^1/_{10}$ Sekunde eine Umdrehung. Da sein Zifferblatt in 100 Teile geteilt ist, entspricht jeder Teilstrich $^1/_{1000}$ Sekunde (σ). Der große Zeiger rückt während einer Umdrehung des kleinen Zeigers um einen Teilstrich weiter, vollendet also seinen Umlauf in 10 Sekunden. Steht z. B. zu Anfang eines Versuches der große Zeiger

auf 30, der kleine Zeiger auf 46, und steht bei Abschluß des Versuches der große Zeiger auf 31, der kleine Zeiger auf 58, so beträgt die Reaktionszeit 3158—3046 = 112 σ.

Um die Reaktionszeit genau zu ermitteln, sind mehrere Versuche auszuführen. Dabei erhält man gewöhnlich keine einheitlichen Ergebnisse, sondern die Reaktionszeit fällt bei den einzelnen Versuchen verschieden aus. Man bezeichnet diese Erscheinung als Streuung der Fälle und die bei graphischer Darstellung derselben erhaltene Kurve als Streuungskurve. Der Hauptgrund für die Streuung, die durch Übung vermindert wird, liegt darin, daß die Versuchsperson ihre Aufmerksamkeit nicht auf einen, sondern auf zwei Vorgänge zu richten hat, nämlich auf den zu erwartenden Reiz und auf die von ihr auszuführende Bewegung. Im ersteren Falle ergibt sich eine sensorielle, im letzteren eine muskuläre Reaktionszeit. Um eine mittlere Reaktionszeit festzustellen, ordnet man die bei den einzelnen Versuchen erhaltenen Sekundenwerte der Größe nach in eine Reihe und entnimmt derselben den sogenannten Zentralwert, d. h. denjenigen Wert, der in der Reihe ebenso viele Werte über sich als unter sich hat.

Die Reaktionsversuche werden in der Regel in der Weise ausgeführt, daß man eine bestimmte Reaktionsbewegung, z. B. das Loslassen oder Niederdrücken eines Tasters, mit der Versuchsperson verabredet und ihr den zu erwartenden Reiz bekannt gibt, wobei aber dennoch im Augenblick seines Eintrittes sowie schon infolge der Erwartung desselben störende Einflüsse nicht ausbleiben. Die Ausführung der Versuche ist so vorzunehmen, daß derjenige, der dieselben leitet, von der Versuchsperson nicht beobachtet werden kann. Je nach der Art des angewandten Reizes unterscheidet man verschiedene Reaktionsmethoden, von denen hauptsächlich akustische und optische in Betracht kommen.

Bei der akustischen Methode verwendet man als Reiz z. B. das Geräusch, welches der Hippsche Fallapparat (Wundt, Bd. 3, S. 366) verursacht, wobei im Augenblicke des Aufschlagens der Kugel auf das Fallbrett ein Stromkreis geschlossen, bei der im Loslassen eines Tasters bestehenden Reaktion geöffnet wird. Oder es wird unter Benutzung sogenannter Schallschlüssel (Wundt, Bd. 3, S. 381) der Versuchsperson ein Wort zugerufen, das sie als Reaktion zu wiederholen hat. Bei der optischen Methode werden unter Verwendung eines sogenannten Spaltpendels (Wundt Bd. 3, S. 378) oder des Reizapparates von Alber Lichteindrücke, Ziffern, Buchstaben, Wörter, Farben usw. als Reize dargeboten; die Reaktion besteht in Aussprechen des Gesehenen.

Die normale Reaktionszeit beträgt bei Erwachsenen für Schalleindrücke 100—120 σ, für optische Eindrücke 180—250 σ. — Der Einfluß von Erregung auf die Reaktionszeit ist bisher wenig untersucht worden. Crampe berichtete, daß ein die Versuchsperson sehr erregendes Ereignis keinen Einfluß auf ihre Reaktion ausübte. Dagegen fand er, daß Ermüdung die Reaktionszeit verlängert. Die gleiche Beobachtung machten Frois, Piéron und Efimoff. Wells, Kelley und Murphy fanden bei erhöhter Aufmerksamkeit einen schnelleren, bei verminderter Aufmerksamkeit einen langsameren Verlauf der Reaktion (vgl. auch Breitwieser). Da Ermüdung zu Aufmerksamkeitsverminderung führt, bewirkt sie demnach auch Reaktionsverminderung. Auch führt Ermüdung durch Beeinträchtigung der Aufmerksamkeit zu Fehlreaktionen, d. h. die Versuchsperson reagiert auf Reize, auf die sie nicht reagieren soll, ferner werden durch Ermüdung falsche Reaktionsbewegungen hervorgerufen. Lahy fand mittels eines Chronoskopes von d'Arsonval die in hundertstel Sekunden aufgenommene Re-

aktionszeit bei Handarbeiten, die keine Muskelanstrengung, wohl aber angespannte Aufmerksamkeit erforderten, mehr verlängert als bei einfacher Beschäftigung im Kontor, wie die an Schriftsetzern und einem Bureauangestellten erhaltenen Werte in Tab. 16 zeigen.

Tabelle 16.

Infolge von Ermüdung zeigte:					
Maschinensetzer	1	eine	Reaktionszeitverlängerung	von 1,50	Hundertstel-Sek.
,,	2	,,	,,	,, 2,20	,,
,,	3	,,	,,	,, 2,40	,,
,,	4	,,	,,	,, 2,65	,,
,,	5	,,	,,	,, 4,82	,,
Handsetzer		,,	,,	,, 1,66	,,
Bureauangestellter		,,	,,	,, 1,30	,,

Lahy hat an den gleichen Personen auch Untersuchungen ihres Blutdruckes vorgenommen und will dabei eine Steigerung desselben durch Ermüdung gefunden haben, wie aus Tab. 17 hervorgeht.

Tabelle 17.

Maschinensetzer	1	zeigte	Blutdrucksteigerung	um 22,5	mm	Hg
,,	2	,,	,,	,, 18	,,	,,
,,	3	,,	,,	,, 17	,,	,,
,,	4	,,	,,	,, 30	,,	,,
,,	5	,,	,,	,, 24	,,	,,
Handsetzer		,,	,,	,, 7	,,	,,
Bureauangestellter		,,	,,	,, 12	,,	,,

Die beiden Maschinensetzer 1 und 2 wurden auch nach ihrem Ermüdungsgefühl und ihrer Stundenleistung an 5 Wochentagen gefragt.

Ihre Aussagen wurden mit Ergebnissen der Messung der Reaktionszeit und des Blutdruckes verglichen, worüber Tab. 18 Auskunft gibt.

Tabelle 18.

Ermüdungsgefühl	Reaktionszeit in Hundertstel-Sek.	Blutdrucksteigerung in mm Hg	Durchschnittliche Stundenleistung	
Di. müde	1,60	12,5	7840 Buchstaben	Maschinensetzer 1
Mi. nicht müde . .	0,60	7,5	Korrekturen	
Do. sehr müde . .	3,0	20,0	8765 Buchstaben	
Fr. nicht müde . .	0,45	7,5	6892 ,,	
Sa. müde	1,45	15,0	Korrekturen	
Di. müde	2,20	27,5	7543 Buchstaben	Maschinensetzer 2
Mi. nicht müde . .	2,20	2,5	7058 ,,	
Do. sehr müde . .	4,50	37,5	7866 ,,	
Fr. nicht müde . .	0,80	7,5	7159 ,,	
Sa. nicht müde . .	2,60	15,0	6175 ,,	

Gegen die Erklärung der Versuchsergebnisse Lahys ist verschiedenes einzuwenden. Seine Angabe über die Blutdruckerhöhung als Folge von Ermüdung steht in Widerspruch zu zahlreichen von mir und anderen erhaltenen Befunden, durch welche nachgewiesen wurde, daß nicht nur bei körperlicher, sondern auch bei geistiger Betätigung unter dem Einfluß der damit verbundenen Erregung der Blutdruck steigt und beim Eintritt der Ermüdung sinkt. Die von Lahy gefundene Steigerung kann sehr wohl durch Erregung bedingt gewesen sein, wenn es sich bei seinen Versuchspersonen um eilige Arbeit handelte. Die Steigerung kann auch durch andere Umstände hervorgerufen worden sein, die Lahy nicht kontrollierte. Gegen die von ihm angenommene Steigerung durch Ermüdung spricht die Leistung, bei der ein Schwanken der Übung deswegen kaum in Betracht zu ziehen ist, weil sich dieselbe bei täglich arbeitenden geschulten Setzern auf gleicher Höhe zu halten pflegt. Wäre die Blutdrucksteigerung durch Ermüdung ent-

standen, so hätte unter deren Einfluß eine um so größere Abnahme der Leistung stattfinden müssen, je mehr die Ermüdung in der Steigerung zum Vorschein kam. Dies trifft aber nach den Angaben Lahys nicht zu. Der Maschinensetzer 1 erledigte nämlich bei der stärkeren Blutdrucksteigerung um 20 mm Hg 8765, bei der geringeren Steigerung um 12,5 mm Hg nur 7840 Buchstaben, also 925 weniger, bei der geringsten Steigerung um 7,5 mm Hg sogar nur 6892 Buchstaben, also 948 weniger als bei der Steigerung um 12,5 mm

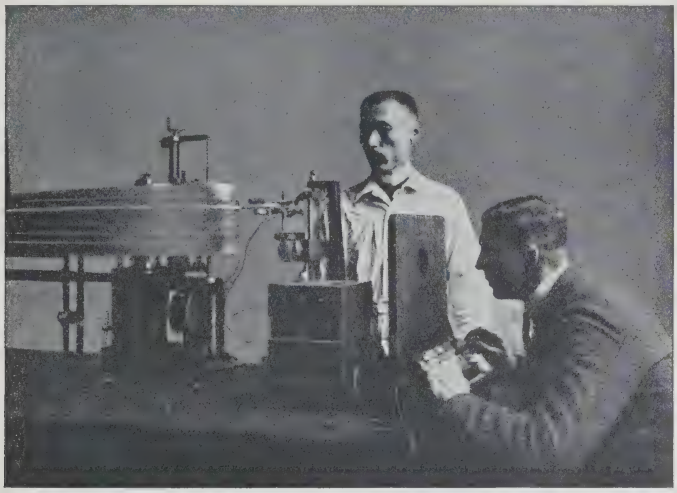


Fig. 14a. Vorrichtung Kimuras zur Prüfung der Reaktionszeit.

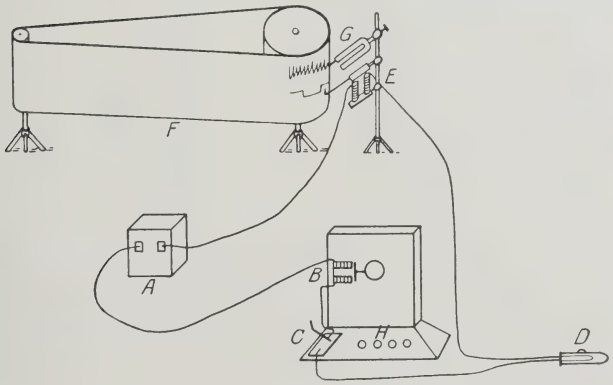


Fig. 14b. *A* Akkumulator; *B* Magnet zum Auslösen des Blendenverschlusses; *C* Stromschlüssel zum Schließen des Stromes; *D* Stöpsel zum Unterbrechen desselben durch Einstechen in eines der Löcher bei *H*; *E* Markiermagnet; *F* Kymographion; *G* Stimmgabel.

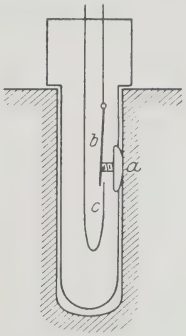


Fig. 14c. *D* Stöpsel, in größerem Maßstabe im Loch; *a* beim Einstechen nach innen gedrückte Pelotte; *b* durch die Pelotte von *c* abgerückter Leitungsdraht.

Aus Kimura in Zeitschr. f. Hyg. u. Infekt.-Krankh., Bd. 98 (Springer, Berlin).

Hg und 1873 weniger bei solcher um 20 mmHg. Analoge Verhältnisse finden sich bei dem Maschinensetzer 2, der bei der höchsten Blutdrucksteigerung um 37,5 mm Hg als größte Leistung 323 Buchstaben mehr als bei der Steigerung um 27,5 mm Hg, bei dieser 1368 Buchstaben mehr als bei der von 15 mm Hg und bei der Steigerung um 7,5 mm Hg 101 Buchstaben mehr als bei der Steigerung um 2,5 mm Hg erledigte. Auch die Aussagen der beiden Setzer stehen mehrfach im Widerspruch zu ihren Leistungen. Ferner befremdet es, daß die Reaktionszeit fast überall bei hohen, gegen Ermüdung sprechenden Leistungen am meisten verlängert ist.

Wahrscheinlich ist die Verlängerung daher in diesen Fällen nicht auf Ermüdung, sondern auf andere Momente zurückzuführen.

Überzeugender für eine Verlängerung der Reaktionszeit durch Ermüdung sind die Versuche von Laugier und Richet, die sich auf die Anfertigung von Maschinenmanuskripten nach Diktat beziehen. Kimura hat zwei Personen am Ergometer arbeiten lassen und ihre Reaktionszeit vor- und nachher ermittelt. Dabei ergab sich bei einfachen Versuchen manchmal eine Verkürzung, manchmal eine Verlängerung der Reaktionszeit nach der Arbeit. Offenbar ist die Expositionszeit dargebotener Reize und die Zeit ihrer Erkennung auf die Länge der Reaktionszeit von Einfluß. Es muß daher bei Reaktionsversuchen stets die gleiche Expositionszeit für bestimmte Reize eingehalten und die Erkennungszeit für dieselben festgestellt werden, um die Reaktionszeit einwandfrei bewerten zu können. Solche Versuche hat Kimura auch angestellt. Seine Versuchsanordnung zeigt Fig. 14 (S. 393).

In einer senkrecht stehenden schwarzen Tafel befindet sich ein auf elektrischem Wege auslösbarer Irisblendenverschluß. Durch Einschaltung eines Stromschlüssels mit der linken Hand der Versuchsperson öffnet sich die Blende. Die Person erblickt dann eine vom Versuchsleiter in einen Ausschnitt eingesetzte farbige Scheibe. Nachdem diese von der Versuchsperson erkannt wurde, steckt sie mit der rechten Hand einen Stöpsel in ein mit der gleichen Farbe gekennzeichnetes Loch eines rechts unten neben der Tafel befindlichen Brettes. Die Zeit zwischen Öffnen der Blende und der Einfügung des Stöpsels zur Stromunterbrechung wird durch einen Markierungsmagneten auf der berußten Umhüllung eines schnellaufenden Kymographions verzeichnet, auf dem gleichzeitig eine elektrisch erregte Stimmgabel ihre Hundertstelsekundenschwingungen schreibt. Kimura hat als optischen Reiz verschiedene Farben, Rot, Grün, Gelb, Blau, gewählt und damit drei Versuchspersonen, unter denen er sich selbst befand, vor und nach körperlicher Arbeit geprüft. Nebenbei sei bemerkt, daß alle drei auf Gelb am schnellsten reagierten. Vor der Arbeit ergab sich an verschiedenen Tagen ein Schwanken der Reaktionszeit. Von den beiden durch Kimura mehrfach geprüften Versuchspersonen war die Reaktionszeit bei der einen nach leichter Arbeit öfters verkürzt, nach schwerer Arbeit dagegen verlängert. Bei der anderen Versuchsperson trat nach schwerer Arbeit manchmal Verkürzung, manchmal Verlängerung ein. Die Streuung erfuhr bei der einen Versuchsperson nur nach schwerer Arbeit, bei der anderen sowohl nach schwerer als auch nach leichter Arbeit eine Zunahme. Kimura möchte nach seinen Versuchen aus der Reaktionszeit keinen sicheren Schluß auf den Grad der Ermüdung ziehen.

2. Methoden, bei denen es sich um Zug-, Druck-, Stoß- oder Drehbewegungen der Hand handelt.

a) Anwendung des Ergographen (*τό ἔργον*, Werk, Arbeit) oder Arbeitsschreibers. Dieser Apparat wurde zuerst von Mosso konstruiert und von ihm und Maggiora für Versuche benutzt, durch die nachgewiesen werden sollte, daß durch körperliche oder geistige Anstrengungen hervorgerufene Ermüdung die Kraft und Ausdauer eines Zugbewegungen ausführenden Fingers beeinträchtigt. Die Versuchsanordnung zeigt Fig. 15.

Eine mit ihrem einen Ende mittels einer Lederschleife am Mittelfinger befestigte geölte Darmsaite führt über eine Rolle und trägt am anderen Ende eine Last in Form von auswechselbaren Scheibengewichten. Durch

Beugen und Strecken des Fingers wird die Last (für Schulkinder 3—4 kg, für Erwachsene 5—8 kg) in bestimmtem, durch ein Metronom angegebenen Rhythmus abwechselnd gehoben und gesenkt (vgl. Awramoff). Um daher die Hilfe anderer Muskeln tunlichst auszuschließen, liegen Zeige- und Ringfinger in einer starren Hülle und der Arm wird fixiert. Mit der Zugvorrichtung ist ein Schlitten mit Schreibfeder verbunden, die jeden vom Finger ausgeübten Hub auf der Trommel eines Kymographions verzeichnet. Der Kraft des Fingers entspricht der Weg, den das Gewicht bei der Hebung beschreibt. Beträgt das Gewicht 5 kg und der Weg 4 cm, so würde bei jedem Hub eine Leistung von 0,2 kg/m und z. B. bei 20 Hüben eine Leistung von 4 kg/m in einer bestimmten Zeit ausgeübt. Der Verlauf der „Ermüdungskurve" ist, abgesehen von der Individualität und dem Willen der Versuchsperson abhängig von der Belastung und dem Reiztempo. Die Form der Kurve ändert sich mit der Belastung. Für mittleres Gewicht ist die Kurve

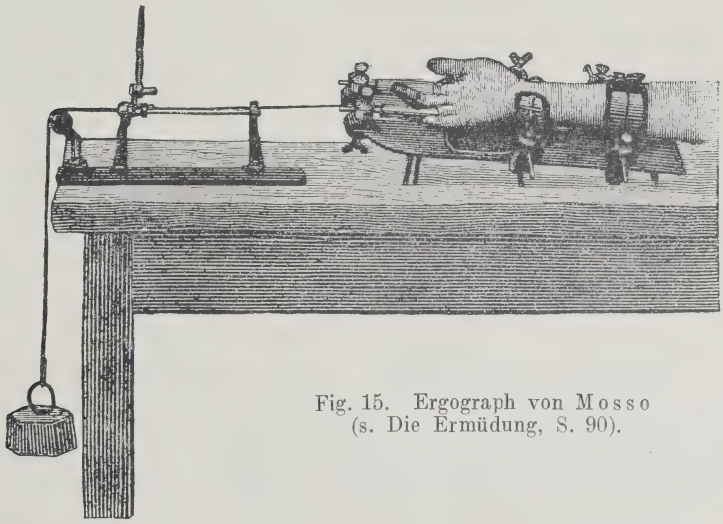


Fig. 15. Ergograph von Mosso (s. Die Ermüdung, S. 90).

annähernd geradlinig, für kleineres Gewicht s-förmig, für größeres hyperbolisch. Mit fortschreitender Betätigung des Fingers werden die Hübe kleiner, und es kommt ein Moment, in welchem die Versuchsperson erklärt, bei gleichbleibender Last keine Hübe mehr ausführen zu können. Die Annahme einer lokalen Ansammlung von Ermüdungsstoffen in diesem Falle läßt sich nicht von der Hand weisen, und es ist durchaus begreiflich, daß dadurch die Wirkung von im Blute und in anderen Geweben bereits vorhanden gewesenen Ermüdungsstoffe, einerlei ob sie von körperlichen oder geistigen Anstrengungen herrühren, noch erhöht wird. Wenn man nun die Hautstelle, unter welcher die zu den Flexoren führenden Endäste des Medianus verlaufen, elektrisch reizt, so spricht der leistungsunfähig gewordene Finger wieder an. Wie kommt dies? Die Ursache liegt darin, daß durch den elektrischen Reiz das Ionengetriebe beeinflußt und infolgedessen in den motorischen Endplatten der Nervenfasern Erregung hervorgerufen wird, die nach teilweiser Abfuhr von Ermüdungsstoffen und sogar noch trotz der Anwesenheit solcher zur Geltung gelangt. Wenn nach der elektrischen Reizung auch auf natürlichem Wege die Fingerarbeit wieder ausführbar ist, so rührt dies daher, daß sich die ionalen Vorgänge zentripetal

bis zu Hirnzentren ausgebreitet haben, von wo aus Erregungsimpulse durch die motorischen Leitungsbahnen den Fingermuskeln zufließen.

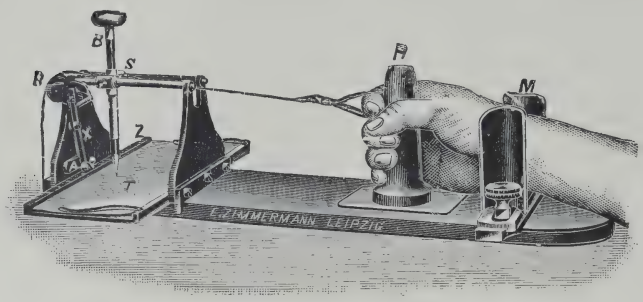


Fig. 16. Ergograph von Dubois. Hersteller: E. Zimmermann, Berlin und Leipzig.

Ausdrücke wie „Explosionsstoff" und „Kraftstoff" (Atzler, Beiheft, S. 4) verwirren die Vorgänge.

Bei dem Ergographen von Dubois (Fig. 16) wird der Hand durch Umfassen eines Holzzapfens H, dessen Stellung durch Verschiebung sich ihrer Größe anpassen läßt, und durch zwei das Handgelenk zwischen sich fassende Backen M eine geeignete Lage gegeben. Der am Schlitten S befindliche, durch eine Hülse geführte und durch einen schweren Knopf senkrecht abwärts gerichtete Schreibstift verzeichnet die Kurven auf einen darunter befindlichen Millimeterpapierstreifen T, der mittels der Zahnstange Z und der an dem Schalthebel x befindlichen Nase A in der Weise verschoben wird, daß ein Hub neben dem anderen in der Entfernung von 1 mm registriert und seine Höhe auf dem Millimeterpapier abgelesen werden kann. Ein Kymographion ist daher nicht erforderlich.

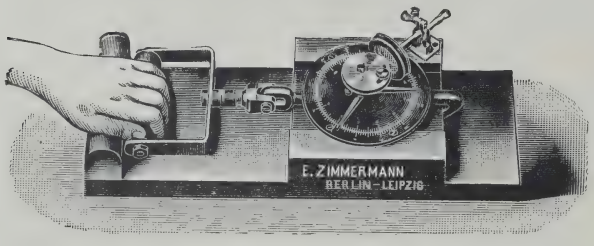


Fig. 17. Ergo- oder Dynamograph von Lehmann. Der Apparat wird von der Fa. Zimmermann, Berlin und Leipzig hergestellt.

Der Mossosche Ergograph hat noch manche andere Abänderungen erfahren. Dahin gehört der Finger- und Armergograph von Treves, der Doppelergograph für beide Hände von Lombard. Auch Fuß- und Beinergographen wurden konstruiert (C. Tigerstedt, Patrizi). Auf die einzelnen Konstruktionen kann hier nicht eingegangen werden.

Betreffs solcher, sowie hinsichtlich zahlreicher Beobachtungen, die mit Ergographen zum Nachweis von Ermüdung angestellt wurden, wobei man teils zu positiven, teils zu negativen Ergebnissen gelangte, sei auf die Arbeiten folgender Autoren verwiesen: Albrecht, Athanasiu, Bergström, Binet, Block, Bulger und Stiles, Bum, Clavière, Efimoff, Ellis und Shipe, Franz, Handrick, Hirschlaff, Hough, Joteyko, Keller, Kent, Koch, Hoch und Kraepelin, Luciani, Makarianz, Meumann, Miura, R. Müller, Oseretzkowsky, Patrizi, Ritter, Schenk, Schuyten, Seashore, Setschenow, Tümpel, Waller, Weichardt, Zieler, Zoth.

b) Der Ergo- oder Dynamograph von Lehmann besteht aus einer starken Feder, die mit einem Zifferblatt verbunden ist, an dessen Teilung die Zugleistung der Hand abgelesen wird (Fig. 17).

Die Maximalleistung wird durch einen Schleppzeiger markiert, der stehen bleibt, wenn beim Nachlassen des Zuges der die Leistung angebende Zeiger auf Null zurückkehrt. Im ermüdeten Zustande verringert sich die Leistung. Mittels eines verstellbaren Exzenters und einer Aufnahmetrommel

läßt sich die Bewegung der Zeigerachse auf eine Registriertrommel übertragen (vgl. auch v. Stein).

c) Der Dynamograph von Henry. Bei diesem Instrument (Fig. 18) wird seitens der Versuchsperson auf eine mit Quecksilber gefüllte Kautschukbirne ein Druck ausgeübt. Derselbe pflanzt sich auf die in einem senkrecht gestellten Rohr *S* enthaltene Quecksilbersäule fort und verschiebt dabei einen auf dieser liegenden eisernen Schwimmer, dessen Verschiebungen durch eine an ihm befestigte, über eine Rolle *R* geführte Schnur auf eine Schreibvorrichtung *J* übertragen und auf einer Kymographientrommel *T* verzeichnet werden. An zwei zu beiden Seiten des Quecksilberrohres angebrachten Skalen *M* werden die Druckwerte und die betreffenden Arbeitsleistungen, die sich durch Ermüdung vermindern, abgelesen.

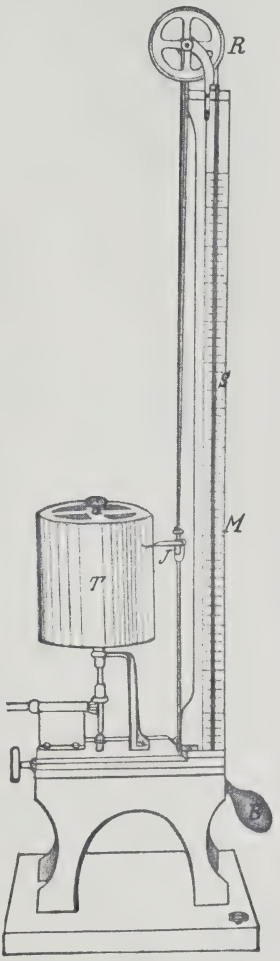


Fig. 18. Dynamograph von Henry. Aus Abderhalden Hndb. 1922, Abtlg. V, Tl. 5, A, H. 1, Lfg. 63, S. 204, Fig. 104 (Urban & Schwarzenb., Wien).

d) Kinematometer. Dieser von Störring angegebene Apparat mißt die Größe der Bewegung der in ihm eingespannten Hand in Winkelgraden. Gineff hat damit durch geistige Arbeit hervorgerufene Ermüdung nachzuweisen versucht. Die Versuchsperson führt in ausgeruhtem Zustande bei verbundenen Augen und fixiertem Unterarm mit der flachen Hand auf einem mit Kreisteilung versehenem, horizontal gelagertem Brett zwischen zwei darauf feststehenden Marken abwechselnd nach der einen und anderen Seite gerichtete Bewegungen im Handgelenk aus, deren Reichweite an der Teilung abgelesen wird. Im Anschluß an geistige oder körperliche Anstrengungen wird der Versuch nach Entfernung einer der Marken, aber unter sonst gleichen Bedingungen wiederholt. Es handelt sich bei den Versuchen um Prüfung der Unterschiedsempfindlichkeit für Bewegungsempfindungen. Gineff fand, daß diese Empfindlichkeit sich infolge von Ermüdung vermindert, was dadurch in die Erscheinung tritt, daß die Exkursionen der Hand im Vergleich zu den Normalbewegungen erhebliche Abweichungen in der Größe zeigen.

e) Klopfmethode. Bei dieser wohl zuerst in Amerika angewandten Methode wird die Versuchsperson veranlaßt, mit einem Finger, so schnell wie es ihr möglich ist, während einer bestimmten Zeit, z. B. 50 Sekunden, auf einen Taster zu klopfen, der die empfangenen Bewegungen elektromagnetisch auf einer sich drehenden Trommel verzeichnet (vgl. Dresslar). Zählt man die während der ersten und letzten 5 Sekunden registrierten Bewegungen, so weist die relative Abnahme der Zahl derselben in den letzten 5 Sekunden auf Ermüdung hin. Wurde z. B. in den ersten 5 Sekunden 35mal, in den letzten 5 Sekunden nur 20mal geklopft, so entfallen $\frac{35-20}{35} = 0{,}43 = 43\%$ auf Ermüdung. Diese Methode hat Gilbert für

verschiedene Zwecke, besonders auch zum Ermüdungsnachweis bei Schulkindern verwandt. Wells, der sich noch eingehender mit dieser Methode befaßt hat, zieht sie der Ergographmethode vor, weil bezüglich Muskelwirkung Geschwindigkeit mehr als Kraft unter dem Einfluß von Nervenzentren steht. — Man kann das Klopfen auch im Rhythmus (Dreitakt, Daktylus, Anapäst) ausführen lassen, ohne ein bestimmtes Tempo vorzuschreiben. Dabei stellt sich heraus, daß ein solches seitens der Versuchsperson je nach ihrer Individualität sich gewöhnlich von selbst einstellt, sich aber durch Ermüdung verlangsamt. Ich fand bereits 1904, daß die Klopfmethoden bei manchen Personen starke Erregung verursachen, wodurch der Nachweis von Ermüdung beeinträchtigt wird.

f) Hantelmethode. Weichardt (die im Literaturverzeichnis genannte Vierteljahrsschrift, S. 328) läßt die Versuchspersonen in jede Hand eine 2—5 kg schwere Hantel nehmen. Nach dem Pendelschlag einer Sekundenuhr sollen beide Hände bei horizontal und vorwärts gestreckten Armen abwechselnd Pro- und Supinationsbewegung ausführen. Gleichzeitig soll die Versuchsperson ebenfalls im Sekundentakt abwechselnd den linken und rechten Fuß bis zur Kniekehle heben. Der Zeitpunkt des Versuchsbeginnes und des Sinkens der Arme infolge von Ermüdung wird mit der Stoppuhr festgestellt. Die Armsenkung erfolgt um so früher, je größer die bereits vor der Übung vorhandene Ermüdung war. Weichardt hat dieses Verfahren auch mit der Ergograph- und Ästhesiermetermethode (s. später) kombiniert. Beim Vergleich der mit den drei Methoden erhaltenen Ergebnisse fielen diese gleichsinnig aus.

g) Der Palmograph (*ὁ παλμός*, das Zittern). Bei diesem von Brezina erdachten Apparat handelt es sich darum, aus Ziel- und Zitterbewegungen der Hand auf Ermüdung zu schließen. Zittern erschwert die zielsichere Führung eines Stiftes, mit welchem die Versuchsperson in ein Loch treffen soll, das nur erreicht wird, wenn der Stift vorher durch einen Aluminiumring geführt wird, dessen Weite die Stiftdicke nur um ein Geringes übertrifft und der durch vier federnde Stahldrähte vor dem Loche schwebend erhalten wird.

Zittert die Hand, welche den Stift führt, so berührt dieser den Ring, der die Zitterbewegung aufnimmt und sie durch seine Verbindung mit einer über Rollen geleiteten Schnur auf einen Schreibhebel überträgt, der sie auf einer Trommel registriert. Das Zittern der Hand kann aber auch durch Erregung hervorgerufen werden, man hat also auch bei dieser Methode kein sicheres Merkmal, wann Ermüdung, wann Erregung vorliegt.

Versuche über Ziel- und Treffsicherheit lassen sich auch ohne Apparate ausführen und für Massenprüfungen benutzen. Jede Versuchsperson erhält ein Blatt Papier, auf welchem die vier, je 20 cm langen Seiten eines Quadrates statt durch Linien durch Punkte in Abständen von je 2 cm gekennzeichnet sind. Die Versuchspersonen haben sich das Netz der horizontalen und vertikalen Linien vorzustellen, welche korrespondierende Punkte verbinden. Diese Vorstellung erfolgt leicht, nachdem man ein Blatt mit dem fertigen Netz gezeigt oder dessen Entstehung an der Wandtafel angedeutet hat. Ohne weitere Erläuterung über den Zweck der Versuche werden z. B. die auf ihren Plätzen im Lehrsaal sitzenden Schüler oder Studenten, oder an ihren Pulten beschäftigten Bankbeamten und Bureauangestellten, oder Arbeiter aus gewerblichen Betrieben oder Sportsleute, die man um einen Tisch in der Kantine bzw. in einem Zelte gruppiert, vom Versuchsleiter aufgefordert, die rechte, einen Bleistift haltende Hand beim Kommando

„Eins“ neben das Blatt, beim Kommando „Zwei“ auf dasselbe zu bringen und mit dem Bleistift nach dem Augenmaß, reihenweise von links nach rechts die Schnittpunkte der Horizontalen und Vertikalen des vorgestellten Liniennetzes zu markieren. Das Tempo der Handführung wird durch die Kommandos bestimmt.

Nach Beendigung des in etwa 2 Minuten 81 Punktierungen umfassenden Versuches vor und nach geistiger oder körperlicher Arbeit werden die mit Personalien und Daten versehenen Blätter eingesammelt. Durch Ausziehen der Horizontalen und Vertikalen wird die Lage der wirklichen Schnittpunkte ermittelt und die Abweichung von denselben nach Lage (links, rechts, oben, unten) und Entfernung in Kurven verzeichnet und nach Größe der Abszissen und Ordinaten in Millimeter gemessen. Da sowohl das Augenmaß als auch die Sicherheit der Hand durch Ermüdung beeinträchtigt werden, kommt diese in dem Verlauf der Kurven zum Ausdruck. Allerdings spielt auch hier wieder Erregung eine Rolle. Fig. 19a und b zeigt ein Stück der linken oberen Ecke des Papierblattes vor und nach Ausziehung der Netzlinien.

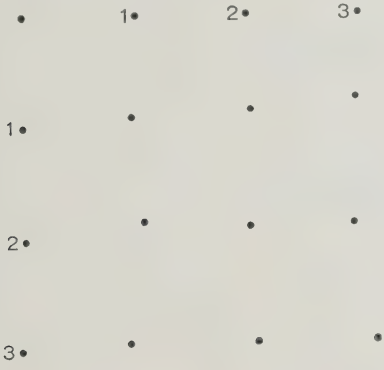


Fig. 19 a. Linker oberer Teil eines Quadrates, dessen Seiten von 20 cm Länge in Abständen von je 2 cm durch die numerierten Punkte angedeutet sind. Die von der Versuchsperson nach Augenmaß markierten Punkte sind nicht numeriert.

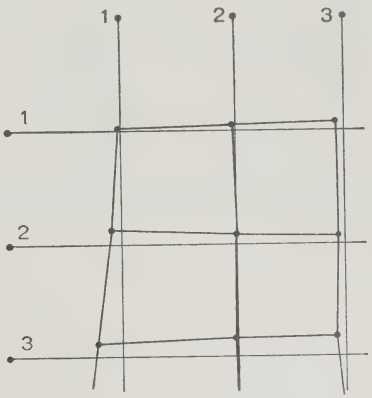


Fig. 19 b. Derselbe Teil mit dem Liniennetz und den Verbindungslinien zwischen den von der Versuchsperson markierten Punkten.

h) Schätzung der Schwere mit der Hand gehobener Gewichte. Dabei handelt es sich um kinästhetische Vorgänge, die sich hauptsächlich aus Spannungsempfindungen in den Muskeln und Gelenken der Hand und des Armes zusammensetzen (vgl. G. Th. Fechner, G. E. Müller und Schumann, Jacoby, M. v. Frey) und assoziativ zu Vorstellungen eines „Größer“, „Kleiner“ oder „Gleich“ führen. Man kann die Versuche folgendermaßen ausführen: 1. Zwei Lederbecher von bekanntem, aber verschiedenem Gewicht werden nacheinander von der Versuchsperson mit einer Hand vom Rande her erfaßt und in senkrechter Richtung gehoben. Beträgt das Gewicht des einen Bechers z. B. 80, das des anderen 100 g, so wird die Ungleichheit des Gewichtes stets erkannt. Durch Einfüllen von feinkörnigem Schrot in den leichteren Becher läßt sich das Gewicht beider Becher gleich machen. Bei fünf aufeinanderfolgenden Versuchen hat die Versuchsperson, wenn nach ihrer Meinung Gewichtsgleichheit beider Becher besteht, dies anzugeben.

In den 100 g-Becher wird z. B. ein Gewicht von 500 g gelegt. Der andere Becher dient zur Aufnahme von Tariergewichten bei der Abschätzung bis zur vermeintlichen

Gleichheit ebenfalls in fünf aufeinanderfolgenden Versuchen. Protokolliert werden unter Berücksichtigung des Eigengewichtes der Becher das als gleich abgeschätzte Gewicht für jeden der 10 Versuche — mögliche Fälle: Erkennung der Gewichtsgleichheit, Überschätzung (Plusfehler), Unterschätzung (Minusfehler) — die Zahl der gemachten Fehler, die Größe des mittleren Fehlers, die Fehlerbreite. Die Versuchspersonen schätzen bei vorhandener Erregung meistens höher, bei vorhandener Ermüdung niedriger als unter normalen Verhältnissen. Es kommt aber auch das Umgekehrte vor (vgl. auch Jul. Bauer, P. Z. Treves).

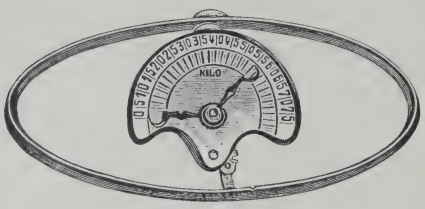


Fig. 20. Regnier-Collin-Charrière-sches Dynamometer.

i) Dynamometerversuche. Das am häufigsten benutzte und einfachste Instrument zur Messung des Handdruckes stammt von Regnier und wird nach seinen Fabrikanten gewöhnlich Collinsches oder Charrièresches Dynamometer genannt. Es besteht aus einem elliptischen Stahlbügel (Fig. 20), der dort, wo die Hand angreift, mit weichem Leder überzogen ist. Die Deformation des Stahlbügels wird durch eine Leitstange und zwei Zahnrädchen auf einen Zeiger übertragen, der bei seinem Vorrücken einen zweiten, frei auf der gleichen Achse sitzenden Zeiger mitnimmt. Beim Nachlassen der Spannung springt der erstere Zeiger zurück, der letztere bleibt stehen und wird, nachdem man die von ihm an der Teilung des Zifferblattes angezeigte Kraftleistung in Kilogramm abgelesen hat, ebenfalls auf Null zurückgeschoben. Die Konstruktion

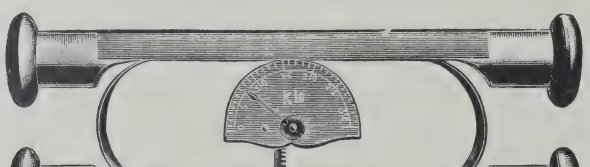
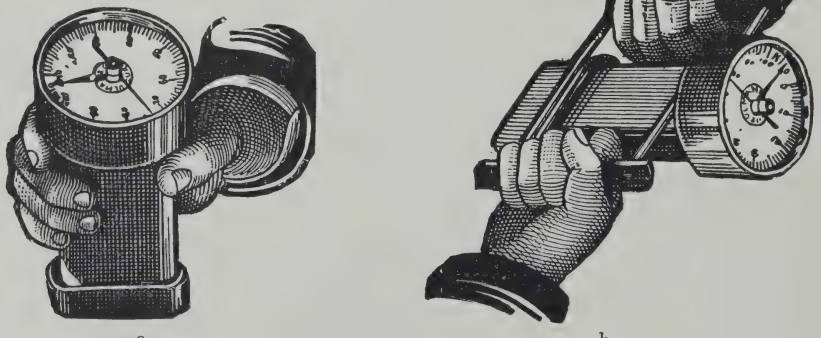


Fig. 21. Dynamometer von Sternberg. Hersteller: E. Zimmermann, Berlin und Leipzig.



a b

Fig. 22. Dynamometer nach Ullmann, a für Druck, b für Zug. Hersteller: E. Zimmermann, Berlin und Leipzig.

von Regnier (vgl. La grande encyclopédie, Paris, Bd. 15, S. 171) ist auch für Zug eingerichtet.

Um einigermaßen zuverlässige Werte zu erhalten, läßt man die Versuchsperson mit Einschaltung kurzer Pausen etwa 5 Drücke ausüben und berechnet daraus das Mittel. Ein Dynamometer von Sternberg ist dem Collinschen ähnlich gebaut (Fig. 21).

Ein Dynamometer für Druck und Zug von Ullmann zeigt Fig. 22 a und b.

Es gibt auch Formen von Dynamometern, die durch Vorrichtungen zum Aufzeichnen der Kraftkurven als Dynamographen dienen (vgl. Weiler und Bischoff). Wie Mosso mit dem Ergographen, hat J. Loeb mit dem Dynamometer als erster den Nachweis zu erbringen versucht, daß muskuläre Leistungen unter dem Einfluß geistiger Ermüdung sich verringern. Weitere Arbeiten über Dynamometrie s. Schuyten, Frois, Reijs, Wolf, Kimura, van Erp Taalman Kip, Krasnov.

3. Methoden zum Nachweis von allgemeiner durch Ermüdung hervorgerufener Muskelunruhe.

Leiterstorfer (S. 42) hat mittels seines Kephalographen (ἡ κεφαλή, Kopf) nach dem Vorbilde der Vierordtschen Deckenfiguren, die in mangelnder Koordination und Unruhe der Körpermuskulatur zum Ausdruck kommende Ermüdung dadurch nachzuweisen versucht, daß er über dem Scheitel der in militärischer Haltung aufrecht stehenden Versuchspersonen eine Schreibvorrichtung anbrachte, welche bei geringster Schwankung des Körpers diese auf einer über dem Kopf befindlichen Fläche aufzeichnet.

Einen dem gleichen Zwecke dienenden und auch für klinische Untersuchungen brauchbaren, aber komplizierteren Registrierapparat hat Miles unter dem Namen Ataxiometer (ἡ ἀταξία, die Unordnung) von der Firma Warren & Collins 584 Huntington Ave., Boston Mass. anfertigen lassen. Hinsichtlich der Einrichtung muß auf die Originalabhandlung und die dieser beigegebenen Abbildungen verwiesen werden.

4. Methoden zum Ermüdungsnachweis aus dem Verhalten von Sinnesorganen.

a) Bei Beteiligung des Auges.

α) Prüfung der Akkommodation. Betrachtet man durch zwei punktförmige, horizontal nebeneinander gelegene, in ein Kartenblatt gemachte Löcher, deren Abstand voneinander kleiner ist als der Pupillendurchmesser, zwei Nadeln, die auf der optischen Achse senkrecht hintereinander stehen, so erscheint, wie der Jesuitenpater Scheiner (1619) fand, wenn auf die fernerstehende Nadel akkommodiert wird, die Spitze der näherstehenden doppelt. Die von ihr ausgehenden, die genannten Löcher durchsetzenden Strahlen bilden nämlich, weil sie sich hinter der Netzhaut vereinigen, auf dieser zwei, zu den Löchern gleichsinnig gelegene Bilder. Wird das Auge auf die näherstehende Nadel eingestellt, so erscheint die Spitze der fernerstehenden doppelt. Auch in diesem Falle entstehen auf der Netzhaut zwei Bilder, von denen aber, weil sich die Strahlen vor der Netzhaut gekreuzt haben, das rechts gelegene Bild dem linken Loch, das links gelegene Bild dem rechten Loch entspricht. Wird eines der Kartenlöcher mit einem roten, das andere mit einem grünen Zelluloidfensterchen verklebt, so erscheint vor und hinter der Akkommodationsgrenze die Nadelspitze doppelfarbig, und zwar hinter der Grenze gleichseitig mit den farbigen Fensterchen, vor der Grenze gekreuzt mit ihnen. Im Bereich der Akkommodation ist die Nadelspitze weiß, weil sich Rot und Grün als Komplementärfarben zu Weiß ergänzen. A. Baur will nachgewiesen haben, daß nach geistiger oder

körperlicher Arbeit die Akkommodationskraft infolge von Ermüdung abnimmt, was sich durch das Verhalten der in Zentimetern gemessenen Akkommodationsbreite, d. h. der Entfernung zwischen Fern- und Nahepunkt, im Scheinerschen Versuch feststellen läßt. Kimura (S. 82ff., S. 112) hat die Angaben Baurs nachgeprüft. Er fand zwar oft eine Hinausschiebung des Fernpunktes nach anstrengender Arbeit, also eine Erschlaffung des Akkommodationsmuskels, doch war das Verhalten des Nahepunktes sehr unregelmäßig. Auch war es sehr schwierig, die Entfernung, bei welcher der farbige Saum der Nadel verschwindet bzw. wieder auftritt, genau zu ermitteln.

β) Prüfung des Augenmaßes. Aubel verwandte zur Prüfung desselben zwei Vorlagen mit 30 horizontal gerichteten, parallelen Linien, die in verschiedener Länge unregelmäßig verteilt untereinander gezeichnet waren. Die eine Vorlage zeigte Linien von 35—65 mm, die andere Vorlage Linien von 185—215 mm Länge. Innerhalb jeder Liniengruppe betrug der Längenunterschied von Linie zu Linie je 1 mm. Zu jeder der beiden Vorlagen wurde auf besonderem Blatt eine Linie gezeigt, mit welcher die Versuchsperson innerhalb einer Minute die 30 Linien jeder Vorlage zu vergleichen und nach dem Augenmaß festzustellen hatte, welche von ihnen mit der Vergleichslinie an Größe übereinstimmte. Zum Vergleich für jede der beiden Vorlagen wurden nacheinander drei Linien bestimmt. Diese hatten eine Länge von 45,50 und 55 mm für die Vorlage mit kurzen, eine Länge von 195, 200 und 205 mm für die mit langen Linien. Um Zufallsergebnissen vorzubeugen, wurden die Versuche mit jeder Vergleichslinie für beide Liniengruppen zweimal ausgeführt, so daß die Prüfung in jeder Gruppe aus sechs Einzelversuchen von je 1 Minute Dauer, im ganzen also aus 12 Versuchen innerhalb 12 Minuten bestand. Als Fehlergröße wurde die Anzahl Millimeter betrachtet, um welche die aufgefundene Linie größer oder kleiner als die Vergleichslinie war. Um einen Vergleich der beim Schätzen der kurzen und langen Linien gemachten Fehler zu ermöglichen, wurden diese unter Bezug auf eine Einheitslinie von 100 mm Länge in Prozenten ausgedrückt. Weiter wurde zur Beurteilung der Leistung, wie ich schon bei der Gewichtsschätzungsmethode (2h) erwähnte, die Fehlerstreuung oder -breite, d. h. der Unterschied zwischen kleinstem und größtem Fehler ohne Vorzeichenberücksichtigung und die Fehlerrichtung, nämlich die mittlere Fehlergröße mit Vorzeichenberücksichtigung, für Überschätzung +, für Unterschätzung — festgestellt. Als wichtigstes Maß für die Leistung wurde die mittlere Fehlergröße ohne Vorzeichen betrachtet, weil sie für die Genauigkeit des Augenmaßes vor und nach geistiger oder körperlicher Arbeit am eindeutigsten ist, während die übrigen Maße auch von Zufälligkeiten abhängig sein können.

Ohne auf die mehr oder weniger eingeschränkte Gültigkeit des zuerst auf Haut- und Muskelsinne sowie Längenbeobachtung angewandte, später auch auf andere Sinnesgebiete ausgedehnte, von Aubel in seinen Ausführungen berührte Webersche Gesetz für das Funktionsverhältnis zwischen Reiz und Empfindung und seine mathematische Fassung durch Fechner einzugehen, ist hier zu betonen, daß die Fehler bei der Linienschätzung durch Augenmaß, woran muskuläre, sensorische und kortikale Verrichtungen beteiligt sind, unter dem Einfluß von Ermüdung an Zahl und Größe zunehmen, weil das Augenmaß, wie die Mehrzahl der Aubelschen Versuche ergab, durch Ermüdung herabgesetzt wird. Die Versuche Aubels sind nicht die ersten auf dem genannten Gebiete. Sie wurden von mir in

Gemeinschaft mit Gotschlich bereits im Jahre 1920 an Gießener Schülern und Studenten angestellt. Über die Ergebnisse, die sich mit den Befunden Aubels der Hauptsache nach decken, habe ich auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Bad Nauheim berichtet.

γ) Erkennung von kontinuierlichen und diskontinuierlichen Linien. Die Prüfung vollzieht sich in folgender Weise. Man läßt die Versuchspersonen vor und nach der Arbeit geeignet befestigte Papierstreifen beobachten, von denen einige die Zeichnung einer Reihe von 1:1 mm großen, scharf begrenzten Quadraten in 1 mm Abstand tragen, andere eine 1 mm dicke, scharf begrenzte gleich lange Linie zeigen (Fig. 23). Die Beobachtung erfolgt stets bei konstanter Beleuchtung. Es werden die Angaben aus 10 Versuchen protokolliert, für die teils die Quadratreihe, teils die Linie diente. In fünf Versuchen notiert man die Zahl der Fehler, die in ein und derselben Entfernung der Versuchsperson von der Vorlage gemacht werden, in weiteren fünf Versuchen mißt man die Entfernung, in der richtige Unterscheidung erfolgt. Es hat sich herausgestellt, daß Ermüdung die Sehschärfe beeinträchtigt.

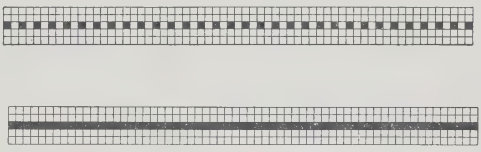


Fig. 23. a Millimeterpapierstreifen mit 1 qmm großen schwarzen Quadraten in je 1 mm Abstand; b desgl. mit 1 mm dicker schwarzer Linie.

Sowohl dieses Verfahren als auch die Linienlängen- und Gewichtsgrößenschätzung findet sich schon, aber ohne Berücksichtigung des Einflusses der Ermüdung, bei G. Th. Fechner (Elemente der Psychophysik, Leipzig, Breitkopf & Härtel 1860, T. 1, S. 245ff.) gelegentlich seiner Prüfung des Weberschen Gesetzes (vgl. auch F. Hegelmayr, in Vierordts Archiv, Bd. 11, S. 844 u. 853).

δ) Kolorimetrische Prüfung. Sie kann im ausgeruhten und ermüdeten Zustande mit Kolorimetern (s. Bd. I, S. 186f.) vorgenommen werden.

ε) Funktionelle Augenmuskelschwäche als Zeichen von Ermüdung. Loebell hat ohrnormale Sportsleute auf den zeitlichen Eintritt von spontan hervorgerufenem Nystagmus untersucht. Bei einigen trat derselbe früher, bei anderen später nach körperlichen Anstrengungen ein. Ermüdungsnystagmus fand Uffenorde (zit. bei Loebell) auch bei Kindern nach anstrengendem Laufen. Bei dieser Gelegenheit möchte ich darauf hinweisen, daß der oft bei Bergleuten vorkommende Nystagmus nicht allein auf Überanstrengung der Augenmuskeln, sondern auch auf chronische Allgemeinermüdung zurückzuführen ist. Ich fand ästhesiometrisch bei 17 Nystagmikern auffallend hohe Raumschwellen. Beide Erscheinungen gingen nach 2—3wöchentlicher Unterbrechung der Arbeit zurück.

b) Bei Beteiligung des Ohres.

Über Herabsetzung des Hörvermögens durch Ermüdung liegen nur wenige Veröffentlichungen vor (vgl. Frois). Loebell zitiert den Schweizer Remy, der bei Schulkindern Abnahme der Hörfähigkeit nach dem Unterricht nachgewiesen haben soll. Loebell prüfte bei Sportsleuten während der Marburger akademischen Olympias das Hörvermögen mit der C^5-Stimmgabel, die mit ihren 4096 Schwingungen in der Sekunde nach Uffenorde dafür besonders geeignet ist, und deren Ton vom Normalhörigen im Durchschnitt 25 Sekunden gehört wird. Loebell fand unter 62 unmittelbar nach den Kämpfen Untersuchten 29 Personen = 46,8%, welche Werte zeigten,

die außerhalb der angenommenen Fehlergrenze von 3 Sekunden lagen. Unter den 29 hörten 27,5% den Stimmgabelton länger, 72,5% kürzere Zeit als vor den Kämpfen. Im ersteren Falle kommt wohl Erregung, im letzteren Ermüdung in Betracht. Bei 11 Sportsleuten, die auf beiden Ohren gleichzeitig reagierten, betrug die Zahl der den Stimmgabelton nach den Kämpfen weniger lang Hörenden neun. Ob und wie Erregung und Ermüdung die Schallokalisation beeinflussen, bedarf noch der Untersuchung.

c) Bei Beteiligung der Haut.

Die Haut liefert uns mehrere Arten von Sinnesempfindungen. Diese sind in den einzelnen Hautgebieten auf mehr oder weniger dicht liegende, in geringerer oder größerer Zahl vorhandene Stellen verteilt, die man Sinnespunkte nennt. Man unterscheidet Druckpunkte (Blix) und Temperaturpunkte und unter den letzteren solche für Kälte und Wärme (vgl. Alrutz, H. Rein). Zur Übermittelung von Druckempfindungen, die in ihrer schwächsten Art als Berührungsempfindungen bezeichnet werden, dienen Nervengeflechte der Haarwurzelscheiden (vgl. Strughold), und die von Meißner (Müllers Arch. 1852 und Beiträge z. Anat. u. Physiol. d. Haut, Leipzig 1853) entdeckten Tastkörperchen (vgl. v. Frey und Kiesow).

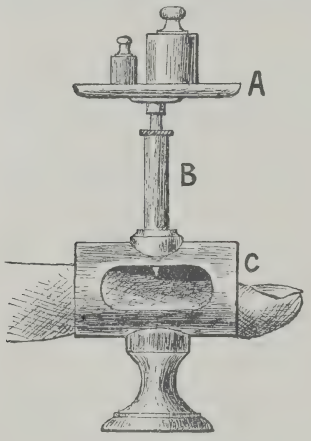


Fig. 24a. Algesimeter nach Vannod. *A* Gewichtsteller, *B* Stift- und Federhülse, *C* Fingerhülse.

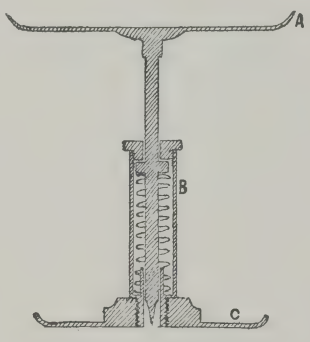


Fig. 24b. Das Instrument im Längsschnitt zur Sichtbarmachung des Stiftes und der Feder in der Hülse *B*.

Aus Meumann (Verlag Wilh. Engelmann, Leipzig).

Über nervöse Gebilde für Kälte- und Wärmeempfindung (Thunberg) ist Sicheres nicht bekannt (vgl. Goldscheider, S. 140, s. dort auch die Angaben von Thunberg, Hacker, v. Frey, Pütter, Imamura, Alrutz, Häggquist). Einige Forscher nehmen in der Haut einen an bestimmten Stellen (Schmerzpunkten) lokalisierten und durch bestimmte Nervenendigungen übermittelten Schmerzsinn an (v. Frey, Thunberg). Goldscheider verhält sich gegen diese Annahme und die spezifischer Schmerznerven ablehnend. Nach ihm ist der Schmerz „eine Qualität innerhalb der Gruppe von Sinnesempfindungen, die durch den auf mechanische Reize eingestellten sensiblen Nervenapparat vermittelt werden". Einen von Katz (Münch. med. Wochenschr. 1923, S. 706 und Der Aufbau der Tastwelt, Leipzig 1925) angenommenen Vibrationssinn lehnt v. Frey (Tangorezeptoren, S. 111) ab. Unter den genannten Sinnesempfindungen ist die für Druck und Schmerz hinsichtlich ihrer Beeinflussung durch Ermüdung oft unter-

sucht worden. Vannod hat mittels seines Algesimeters (τὸ ἄλγος, Schmerz) (Fig. 24 a und b) festgestellt, daß die Schmerzempfindung durch Ermüdung gesteigert wird. Diese Beobachtung hatte schon Swift gemacht, und Vaschide bestätigte sie. Dagegen will Binet Verminderung der Schmerzempfindung durch Ermüdung gefunden haben.

Als geeignetes Instrument zur Prüfung der Schmerzempfindung kann auch ein Algesimeter von Alrutz und Motschukowsky verwandt werden.

Jede Hautempfindung wird von dem Empfindenden räumlich geordnet. Die Genauigkeit, mit der die Einordnung erfolgt, ist teils von dem anatomischen Substrat, auf das ein Reiz einwirkt, teils von der Beschaffenheit und Stärke desselben, teils von der Art und Größe der für die Berührung mit der Haut in Betracht kommenden Fläche eines den Reiz hervorrufenden Objektes, sowie besonders noch von zentralen Momenten abhängig, unter denen Erregung, Aufmerksamkeit, Übung und Ermüdung insofern eine bedeutende Rolle spielen, als sie das Reizgebiet kleiner oder größer auffassen lassen, als es in Wirklichkeit ist. Die für die Berührungs- und Druckempfindung in Betracht kommende Distanz zwischen zwei Reizpunkten auf der Haut wird seit E. H. Weber und Fechner als räumliche Entfernung bezeichnet, und der kleinste Abstand, bei welchem die beiden Punkte gerade noch gesondert empfunden werden, oder, nach anderer Auffassung, der größte Abstand, bei welchem die beiden Punkte in der Empfindung zu einem Eindruck verschmelzen, heißt Raumschwelle.

Je nachdem zwei Berührungen der Haut gleichzeitig oder nacheinander erfolgen, unterscheidet man Simultanschwelle (v. Frey) und Sukzessivschwelle (v. Frey und Metzner). Letztere fällt kleiner aus als erstere. Zur Feststellung der Sukzessivschwelle berührt Judd zuerst mit einer Spitze und, ohne sie abzunehmen, alsdann mit der zweiten Spitze. Czermak und Goltz berühren mit der zweiten Spitze erst nach Wegnahme der ersten (vgl. W. Scholz). Zwischen der Einfach- und Doppelempfindung kann sich die Empfindung einer Linie, eines Ovals einschieben. Solche Empfindungen aber, wie sie J. Philippe nach Angaben seiner Versuchspersonen beschreibt, sind mit Aufmerksamkeit unvereinbar und gehören in das Reich der Kinderphantasie. Als Empfindungskreise, für die nach v. Frey (Handb., S. 117) die Blixschen Druckpunkte als Mittelpunkte gelten können, bezeichnete E. H. Weber (Handwörterbuch, S. 527ff.) Hautbezirke, innerhalb derer eine räumliche Unterscheidung zweier taktiler Eindrücke nicht mehr möglich ist. Er dachte sich die Gesamtoberfläche der Haut aus solchen Empfindungskreisen zusammengesetzt, deren Größe je nach der Hautstelle verschieden ist (vgl. hierzu Henri, S. 204ff., Wundt II, S. 472ff., Ziehen, S. 129ff., Focher). Diese Kreise liegen nach Weber aber nicht isoliert nebeneinander, sondern greifen nach allen Richtungen ineinander. An Hautstellen, an denen die nach Strughold (1924) im allgemeinen in proportionaler Beziehung zur Dichte des Haarkleides stehende Unterscheidungsfähigkeit für Simultaneindrücke, besonders an den Gliedmaßen, in der Längs- und Querrichtung verschieden, und zwar in letzterer feiner ist als in ersterer, ausgenommen an der Volarseite der Finger, nehmen die Kreise (nach Weber, Handwb., S. 528) ovale Form an. Zur Bestimmung der Raumschwellen bedient man sich sogenannter Ästhesiometer.

Weber verwandte einen gewöhnlichen Zirkel mit zylindrischen Schenkeln, deren Spitzen zu Endflächen abgeschliffen waren, von ⅓ Pariser Linie = 0,75 mm (1 Pariser Linie = 2,25 mm) im Durchmesser. Ob die Endflächen völlig eben oder etwas gewölbt waren, ist aus den Mitteilungen nicht zu ersehen, da ein diesbezügliches Bestimmungswort fehlt.

Den Leydenschen Zirkel zeigt Fig. 25.

Die Zirkelinstrumente haben den Nachteil, daß die Spitzen die Haut in schiefer Richtung treffen. Um senkrechtes Aufsetzen zu ermöglichen, sind seit Sieveking (Fig. 26) besondere Ästhesiometer in Gebrauch, bei denen die Schenkel einander parallel angeordnet sind, so daß ihre Spitzen die Haut senkrecht berühren können.

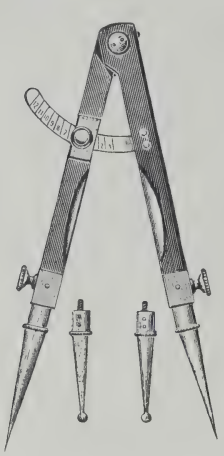


Fig. 25. Leydenscher Zirkel zur Prüfung der Hautsensibilität. Hersteller: Streißguth, Straßburg i. E.

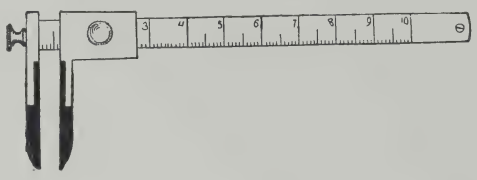


Fig. 26. Ästhesiometer nach Sieveking. Aus Abderhaldens Handb. a. a. O. (Urban & Schwarzenberg, Wien).

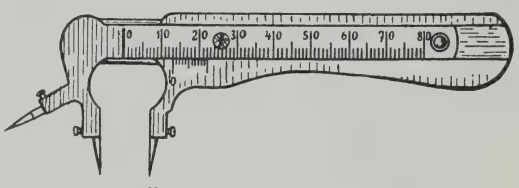


Fig. 27. Ästhesiometer nach Spearman. Hersteller: E. Zimmermann, Berlin-Leipzig.

Scharfe Spitzen können mit stumpfen ausgewechselt werden. Das Ästhesiometer von Spearman (Fig. 27) besteht aus zwei gegeneinander verschiebbaren Teilen, einem Lineal mit Millimeterteilung, dessen eines Ende in einen Kopf mit zwei Spitzen ausgeht, von denen die schiefstehende bei Vexierversuchen und bei der Bestimmung der Sukzessivschwelle benutzt wird. Der andere Teil umgreift mit einem Schlitz das Lineal und ist auf diesem verschiebbar. Seine Spitze steht parallel zu der geraden Spitze am Kopf des Lineals. Ein Nonius gestattet Zehntelmillimeter abzulesen.

Bei den genannten Instrumenten hat man keine Kontrolle für gleichzeitiges Aufsetzen der Spitzen und den durch sie ausgeübten Druck. Deswegen habe ich ein Ästhesiometer mit

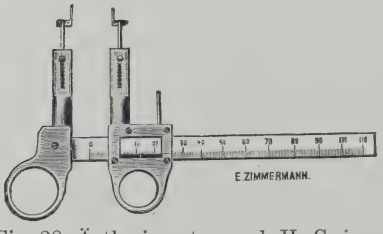


Fig. 28. Ästhesiometer nach H. Griesbach in $^1/_3$ natürlicher Größe. Hersteller: E. Zimmermann, Berlin und Leipzig.

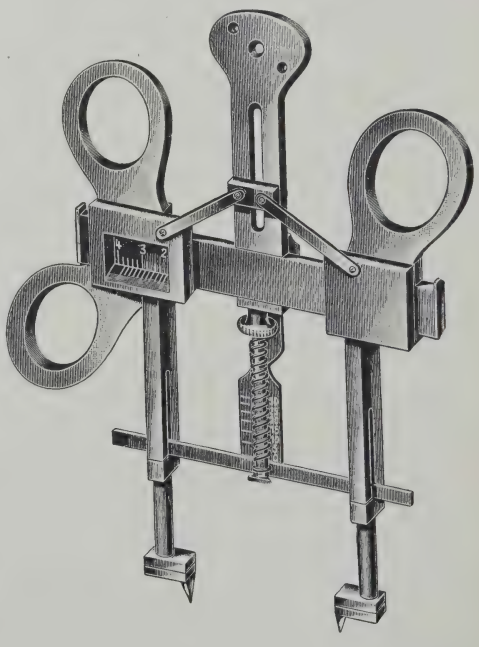


Fig. 29. Ästhesiometer nach R. Griesbach in natürlicher Größe. Hersteller: E. Zimmermann, Berlin-Leipzig.

federnden Reizstäbchen anfertigen lassen*). An einer Grammskala der Hülsen derselben läßt sich mittels eines Zeigers das gleichzeitige Aufsetzen beider Spitzen kontrollieren und zugleich der Druck in Grammen ablesen (Fig. 28).

Bei dem Instrument von R. Griesbach (Fig. 29) sind beide Nadelhalter auf der Schiene verschiebbar. Durch zwei mit ihnen verbundene Stangen, die an einem in einer Nute gleitenden Schlitten befestigt sind, wird erreicht, daß beide Nadelhalter gleichen Abstand vom Federträger einhalten, der eine stangenförmige Kompensationsvorrichtung für gleichmäßiges Aufsetzen der Nadeln besitzt. Buzenet hat Kartonästhesiometer (Fig. 30) angefertigt, indem er für Vexierversuche eine Nadel, für die Schwellenbestimmung

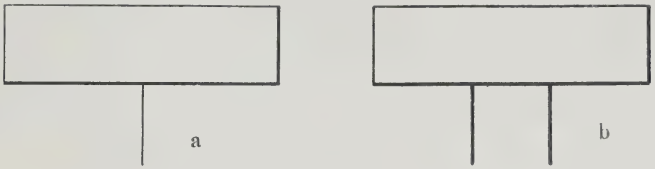


Fig. 30. Kartonästhesiometer nach Buzenet (s. d.).

zwei Nadeln in bestimmtem Abstande in den langen Rand rechteckiger Kartonstücke einfügte.

Kammel hat ein Gewichtsdoppelästhesiometer bei Rohrbach, Wien V, Wehrgasse 18 anfertigen lassen (Fig. 31). Der Druck wird durch das Gewicht der Nadeln gemessen. Dadurch, daß diese locker in den Löchern beider Platten sitzen, wird auch ein gleichmäßiges Aufsetzen auf die Haut ermöglicht.

Da man bei dem Gebrauch des Instrumentes auf lotrechte Nadelstellung beschränkt ist, eignet es sich nicht für jede, sondern nur für horizontale Richtung von Hautflächen.

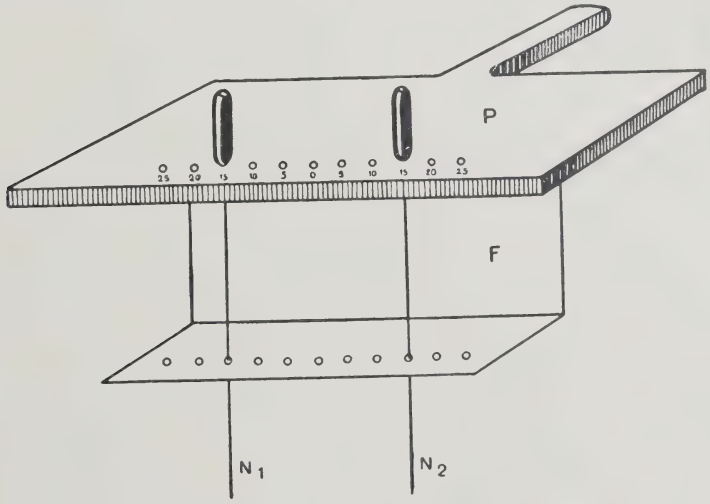


Fig. 31. Doppelästhesiometer nach Kammel. Aus Meumann (Verlag Wilh. Engelmann, Leipzig).

Soll es also z. B. im Bereiche der Gesichtshaut benutzt werden, so müßte die Versuchsperson eine bestimmte horizontale Lage einnehmen.

*) Das erste noch unvollkommene Instrument dieser Art wurde von dem Feinmechaniker Brändli in Basel angefertigt; die hier abgebildete, verbesserte und in Aluminium ausgeführte Form (Gewicht 48 g) lieferte der Feinmechaniker Kohnert in Mülhausen i. Els. Da derselbe nach Amerika übersiedelte, wo er die Anfertigung fortsetzte, erhält man das Insteument in Deutschland jetzt bei E. Zimmermann, Berlin-Leipzig, daselbst auch das Instrument von R. Griesbach, das ebenfalls aus Aluminium anzufertigen wäre.

Abelsons Ästhesiometer (Abbildung s. Internat. Arch. f. Schulhyg., Bd. 5, S. 407f.) soll besonders für Versuche im Bereiche der Gesichtshaut angewandt werden. Der Kopf der sitzenden Versuchsperson wird durch einen an einem Tisch befestigten Kinnhalter gestützt. Die Hülsen, welche die federnden Nadeln tragen, sind an einer horizontalen Welle angebracht, die mittels einer Kurbel so gedreht werden kann, daß die Spitzen, ohne daß die Hand an der Führung derselben direkt beteiligt ist, bei einer bestimmten Stellung der Welle die Haut gleichmäßig treffen. Das von Ziehen konstruierte, auf S. 970 seiner Abhandlung, leider ohne Abbildung und Angabe der Bezugsquelle, beschriebene Pendelästhesiometer ist mir bisher nicht zugänglich gewesen. Der von Ziehen erwähnte Nachteil, daß man es an manchen Körperstellen nicht bequem anwenden kann, dürfte seinen Gebrauch einschränken. Wenn Ziehen (S. 972) meint, man könne mit meinem Ästhesiometer die beiden Reize nicht konstant halten, so befindet er sich im Irrtum. Stets die annähernd gleiche Geschwindigkeit des Aufsetzens wiederzufinden, ist Übungssache. Auf andere, zum Teil mit elektrischen und magnetischen Vorrichtungen versehene Instrumente (Ponzo, Brückner u. a.), deren Wert für Laboratoriumsarbeit nicht bestritten werden soll, gehe ich hier nicht ein, da sie für Versuche im Schulbetrieb und an Arbeitern während ihrer beruflichen Beschäftigungen zu kompliziert sind. (Näheres s. K. Goldstein.)

Für die Ermittelung der Raumschwelle können verschiedene Methoden benutzt werden. Indem ich hinsichtlich der Technik auf die Ausführungen in meinen früheren Arbeiten verweise, sei hier nur noch bemerkt, daß die Methode der Minimaländerungen oder der eben merklichen Unterschiede, auch Grenzmethode genannt, namentlich in der Anwendung des auf- und absteigenden Verfahrens von Lichtenfels, sowie auch der beliebige Wechsel größerer und kleinerer Distanzen, unter genauer Kontrolle der Angaben durch Vexieren, die Feststellung der Simultanschwelle am schnellsten ermöglicht. Mit dem auf- und absteigenden Verfahren sind neuerdings die Ergebnisse Wolfs gewonnen worden.

Oft wird auch die Methode der richtigen und falschen Fälle oder die sogenannte Konstanzmethode geübt (Volkmann, Vierordt und seine Schüler; Camerer, Fechner, G. E. Müller). Diese Methode verwendet feste Abstände der zur Berührung der Haut dienenden Spitzen und stellt fest, wie viele richtige und falsche Urteile die Versuchsperson abgibt. Hierher gehören Versuche Buzenets, Binets, Kammels, Friedmanns u. a.

Vergleicht man mit scharfen und abgestumpften Spitzen ermittelte Raumschwellen, so ergibt sich, daß dieselben im ersteren Falle kleiner ausfallen. Das hängt damit zusammen, daß mit scharfen Spitzen weniger und näher beieinander liegende Nervenendigungen getroffen werden, während stumpfe Spitzen außer diesen auch noch weiter entfernte Endigungen erreichen. Hierfür spricht folgende Beobachtung: Wählt man zwei Nadeln, die statt spitz auszulaufen, eine kreisförmig abgeschliffene ebene Endfläche von 0,1, 0,2, 0,3 ..... bis 1 mm Durchmesser besitzen, so vergrößert sich die mit solchen Nadeln erhaltene Schwelle, den Dimensionen entsprechend. An dieser Tatsache wird nichts geändert, wenn man Nadeln mit kugelförmiger oder birnenförmiger statt scheibenförmiger Endfläche oder Glaskapillaren mit abgeschliffenem Rand (Friedmann) verwendet. Aber nicht nur die Form und Größe der Endflächen der Nadeln, sondern auch die Beschaffenheit der Hautstelle kommt für die Größe der Schwelle in Betracht.

Diese Beschaffenheit ist individuell verschieden, sie wechselt nach Alter, Ernährungszustand und Beschäftigung sowie nach Temperatur und Feuchtigkeit der Haut. Verwendet man spitze Nadeln, sei es aus Metall, Bein oder Horn, so trifft der Reiz nur punktförmige Gebiete, die von den genannten Faktoren weniger beeinflußt werden. Ein leichter Stichschmerz und die Berührung von Temperaturpunkten lassen sich bei diesem Verfahren zwar nicht immer vermeiden, sie haben aber nach meinen Erfahrungen, die ich durch Friedmann (S. 190) bestätigt finde, keinen Einfluß auf die Schwellengröße. Ich benutze zu meinen Untersuchungen sowohl scharfe Spitzen als auch Spitzen mit birnenförmig abgestumpften Enden von 0,8 mm Durchmesser.

Der Einfluß geistiger und körperlicher Ermüdung auf die Größe der Raumschwelle ist zuerst von mir festgestellt worden. Im Jahre 1895 fand ich, daß sie durch Ermüdung vergrößert wird, die Hautsensibilität sich also vermindert, im Jahre 1914 wies ich nach, daß Erregung das Gegenteil be-

Tabelle 19.

	E. H. Weber		Czermak				H. Griesbach					
	Erwachsener in Pariser Linien	Erwachsener umgerechnet in mm	Erwachsener in Pariser Linien	Erwachsener umgerechnet in mm	12 J. in Pariser Linien	12 J. in mm	12 J.	16 J.	25 J.	30 J.	25 J.	30 J.
							mm scharfe Spitzen () stumpfe Spitzen				mm stumpfe Spitzen	
Roter Lippenteil	2	4,5	2	4,5	1	2,25	1 (1,2)	1,5 (1,7)	2	2,8	2,5	3
Nasenrücken	2	4,5	—	—	—	—	3 (3,2)	3 (3,2)	3	3,2	3,5	3,5
Nasenspitze	3	6,7	3	6,7	2	4,5	1,5 (1,6)	2 (2,5)	3	3,2	3	3,5
Nicht roter Teil der Lippen	4	9	4	9	3	6,7	2,5 (2,7)	2,5 (3)	3	3	4,5	4,5
Backen	5	11,2	5	11,2	4	9	3,5 (4)	3,5 (4)	4,5	5,2	6	6,5
Oberes Augenlid	5	11,2	5	11,2	4	9	2,5 (3)	2,5 (3,2)	3,5	3,5	3,5	4
Jochbein, vorne	7	15,7	7	15,7	5,3	12	4,5 (5)	4,5 (5)	4,8	5,5	6,5	7
Ohrmuschel	9	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Helix	—	—	—	—	—	—	3 (5)	3 (5)	4,5	4,8	5,5	6
Lobus	—	—	—	—	—	—	3,5 (5)	3,5 (5)	4	4	6	6
Jochbein, Mitte	10	22,5	10	22,5	7	15,7	5 (6)	5 (6)	6,5	8	9	11
Stirn, unterer Teil	10	22,5	10	22,5	8,5	19	3,5 (5,5)	4 (5,5)	5	5	7	7,5
„ Mitte	12	27	—	—	—	—	4 (6)	4,5 (6)	5	5	7	7
„ Haargrenze	12	27	—	—	—	—	5,5 (6,8)	5,5 (6,8)	7	7	8,5	9
Kinn, über der Protuberantia	—	—	—	—	—	—	3 (5)	4,5 (5)	5	5	6,5	7
Akromion	26	58,5	—	—	—		8 (11)	8 (12)	12	14	16	18,5
Oberarm, hinten, Mitte	26	58,5	16—30	36—67	11—22	25—49	12 (16)	12 (16)	13	15	16	19,5
„ vorne, Mitte	26						12 (14,5)	12 (14,5)	13	14	16	18
Unterarm, volar, Mitte	18	40,5	18	40,5	15	34	10 (11,5)	10 (11,5)	12	12	13	16
„ dorsal, Mitte	—	—	—	—	—	—	11 (12)	11 (12)	11	13	12	14
Handrücken	14	31,6	14	31,6	10	22,5	7 (9)	8,2 (9)	8,5	8,5	10	11
Volarfläche der Hand	6	13,5	—	—	—	—	4 (6,5)	4 (6,5)	5	5,5	7	7
Daumenballen	—	—	—	—	—	—	4 (6,2)	4 (6,2)	5	5	7	7
Volarseite des letzten Fingergliedes (Fingerbeere)	1	2,25	1	2,25	0,75	2	1 (1,5)	1 (1,5)	1	1,5	1,7	1,9

wirkt. Bei diesen Beobachtungen stellte sich heraus, daß die bis in die neueste Zeit angenommenen und in Lehrbüchern aufgeführten Angaben E. H. Webers, Czermaks und anderer älterer Forscher deswegen als unzutreffend betrachtet werden müssen, weil die Genannten den Einfluß von Erregung und Ermüdung nicht kannten und daher auch nicht berücksichtigten. Es läßt sich deswegen aus ihren Angaben kein Schluß ziehen, unter welchen Bedingungen ihre Werte gelten.

Ich habe nun neuerdings zunächst für das männliche Geschlecht die sogenannten physiologischen Normalen, d. h. die Simultanschwellen bei Ausschluß geistiger und körperlicher Betätigung und von Emotionen im Bereiche aller sensiblen Hautnervengebiete zu ein und derselben Tageszeit festgestellt. Dabei verfuhr ich in der Weise, daß je 10 gesunde Knaben und Männer von 12, 16, 20, 25 und 30 Jahren, im ganzen 50 Personen, nur an Sonntagen, morgens zwischen 10 und 12 Uhr mit dem von mir angegebenen Ästhesiometer bei einem Druck bis zu 5 g untersucht wurden, eine Arbeit, die sich auf viele Sonntage verteilte. Aus den bei je 10 Personen desselben Alters an den gleichen Hautstellen gefundenen Werten wurde das arithmetrische Mittel als physiologische Normale notiert. Es wurden immer Personen des gleichen Bildungsganges gewählt. Die 12- und 16jährigen waren Schüler höherer Lehranstalten, die 20jährigen Studenten, die 25- und 30jährigen waren Fabrikarbeiter.

Die Untersuchungen werden für jüngere und spätere Altersstufen noch fortgesetzt, worüber ich an anderem Orte zu berichten gedenke. Da Weber, Czermak und andere mit abgestumpften Spitzen untersuchten, habe ich zum Vergleich in Tab. 19 (S. 409) meine Befunde mit solchen den mit scharfen Spitzen ermittelten Werten bei 12- und 16jährigen in Klammern, bei Erwachsenen in besonderer Rubrik hinzugefügt. Aus räumlichen Gründen können hier nur die Normalen derjenigen Hautgebiete gegeben werden, die bei ästhesiometrischen Prüfungen hauptsächlich in Betracht kommen. Eine vollständige Topographie nebst Abbildungen veröffentliche ich später an anderer Stelle. Dabei werde ich auch auf die Untersuchungen von Marillier und Philippe einzugehen haben, welche die Weberschen Simultanschwellenwerte, allerdings nur an weiblichen Versuchspersonen, kontrollierten und kleinere Schwellen als Weber fanden.

Schon in meiner ersten Arbeit (Archiv f. Hygiene, Bd. 24, S. 139) gab ich die mit scharfen Spitzen ermittelten Normalen für einige Hautstellen aus Beobachtungen an je zehn 11—19jährigen Schülern. Sie stimmen mit den neuerdings an den gleichen Gebieten festgestellten gut überein (vgl. Tab. 19). Die damaligen Beobachtungen zeigt Tab. 20.

Tabelle 20.

Lebensjahr	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Stirn (Mitte)	2,5	4	4,5	4,6	4,6	4	3,5	3,5	3
Nasenspitze	1,5	1,5	2	2	3	2,5	2	2	2
Rot der Unterlippe .	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	1,5
Jugum (Mitte) . . .	4	4,5	5	5	5,5	5	4,5	4	4
Daumenballen . . .	3,5	3,5	3,5	4	4,5	4	3	4	3,5
Fingerbeere	1	1	1	1,5	1,5	1	1	1,5	1,5

Weitere Beobachtungen zeigen den Größenunterschied zwischen den mit scharfen und stumpfen Spitzen ermittelten Schwellen an den genannten Hautgebieten sowohl im ausgeruhten als auch im ermüdeten Zustande (vgl. Tab. II—IX im Archiv f. Hygiene, Bd. 24). Aus allen meinen Tabellen ist ersichtlich, daß die Angaben Webers und Czermaks normalen Verhältnissen nicht entsprechen.

Als Beispiel für die schwellenherabsetzende Wirkung der Erregung und die Schwellenvergrößerung durch Ermüdung bei körperlicher Betätigung

gebe ich in Tab. 21 die mit scharfen Spitzen ermittelten Simultanschwellen in Millimetern von vier Ringkämpfern.

Tabelle 21.

Name und Alter	Vor dem Ringkampf				Unmittelbar nach dem Ringkampf				20 Min. nach dem Ringkampf				Eine Stunde nach dem Ringkampf			
	Jugum		Daumenballen		Jugum		Daumenballen		Jugum		Daumenballen		Jugum		Daumenballen	
	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.
Ma., 25 J. .	8	8,5	4,5	4,5	3,5	2,8	2	2	12	11	5	5,5	13	14	6	6
S., 28 J. .	9	9	4,5	4,5	3	3	2,5	2,5	13,5	13	5,4	5	16	15	6	6
Mö., 32 J. .	8	8	5	4,5	4,5	4	3	3	14	13	5,5	5	18	16	7	5,5
L., 34 J. .	10	10	5	5	3,2	3,5	3	3,5	15	14	6	5,5	20	18,3	7	7

Der Ringkampf fand in Gegenwart zahlreicher Zuschauer auf der Bühne eines Gießener Hotels abends von 8—10^h statt. Die Kämpfer waren nur mit Badehose bekleidet. Ehrgeiz (Meisterschaftsturnier), in Aussicht stehende hohe Geldpreise, die mit häufigem Applaus und allerlei Zurufen verbundene Teilnahme des Publikums veranlaßten nicht geringe Erregung bei den Kämpfenden. — In Tab. 22 sind die ebenfalls mit scharfen Spitzen in Millimetern erhaltenen Simultanschwellen unter dem Einfluß von Erregung und Ermüdung bei Gießener Korpsstudenten vor, während und nach der Mensur an einem Samstag in der Zeit von 8—1^h aufgeführt.

Tabelle 22.

Name und Alter	Vor der Mensur Jugum		Während der Mensur Jugum		Unmittelbar nach der Mensur Jugum		30 Minuten nach der Mensur Jugum	
	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.
Ro. 20 J. . .	8	7,5	—	—	6	4,5	16,5	13
Ma. 21 J. . .	7	6,5	—	—	4	3,5	14	10
Sa. 21 J. . .	10	10	3,5	3	3	3	15	10
Ge. 20 J. . .	9	9	3	3	5	4	14,5	12
A. 21 J. . .	8	8	—	—	5,5	3	10	8
Si. 21 J. . .	7	8,5	—	—	4,5	3	14,5	14

Um den schwellenverkleinernden Einfluß der Erregung bei geistiger Tätigkeit zu zeigen, führe ich Beobachtungen an zwei Freiburger Theaterschülerinnen an, die auf deklamatorischen Vortrag geprüft wurden.

Tabelle 23.

Name und Alter	Sonntag, 15. Nov. 1914		Montag, 16. Nov. 1914			
			vor der Prüfung		zu Beginn d. Prüfung	
	11^h Jug. l.	11^h Jug. r.	9^h Jug. l.	9^h Jug. r.	11^h Jug. l.	11^h Jug. r.
Frl. B. 20 J.. . . .	7	7	7	7,5	6	4,5
Frl. Z. 19 J.. . . .	6	7,5	6,5	8	5	3

Schwellen, die ich zu Beginn des mündlichen Abiturientenexamens an drei, in einzelnen Fächern unsicheren und sehr erregten Kandidaten in Straßburg erhielt, über deren Blutdruck ich schon berichtete (vgl. auch Arch. f. Hyg., Bd. 94, S. 76), sind folgende:

Frl. M. Jug. l. 5, Jug. r. 3,5; Kand. H. Jug. l. 6, Jug. r. 3; Kand. U. Jug. l. 4, Jug. r. 3.

Um den ermüdenden Einfluß des Schulunterrichts und einer schriftlichen Schulprüfung auf die Raumschwellen zu zeigen, gebe ich solche aus eigenen Untersuchungen in Tab. 24 für einen 16jährigen Sekundaner eines Gymnasiums und in Tab. 25 für einen 17jährigen Sekundaner einer Oberrealschule im Vergleich mit den an Sonntagen ermittelten und in Tab. 26 Schwellen eines 16jährigen Realschülers nach Untersuchungen Vannods.

Tabelle 24.

Unterrichtsfächer	7 bis 8h Mathematik		8 bis 9h Latein	9 bis 10h Griechisch	10 bis 11h Religion	11 bis 12h Physik	Mittagspause		Sonntags
Zeit der Untersuchung	7h	8h	9h	10h	11h	12h		2h	12h
Stirn, Mitte	11	12	14	17	11	15	—	7,5	3,5
Nasenspitze	3	3,5	5	5	4	5	—	2,5	1,5
Rot der Lippen . . .	2	3	3,2	4	3	3,5	—	1,8	1
Rechtes Jochbein . .	11	17	22	23	15	22	—	10	5
Rechter Daumenballen	6	10	13,5	13,5	9	11	—	5	4
Kuppe des rechten Zeigefingers	2,2	2,5	2,5	2,5	2	2,2	—	1,2	1

Tabelle 25.

Arbeitsgebiet	1. Tag deutsch. Aufsatz 7—12h			2. Tag franz. Arbeit 7—12h			3. Tag Mathematik 7—12h			4. Tag engl. Arbeit 7—12h		
Zeit der Untersuchung	11h30	4h30	Sonnt. 11h	10h	1h	Sonnt. 11h	12h	5h	Sonnt. 11h	10h30	1h 30	Sonnt. 11h
Stirn, Mitte . .	12	5	4	12	7	4	14	7,5	4	14	9	4
Nasenspitze . .	5	2	1,5	5	3	1,5	6	3,5	1,5	7	5	1,5
Rot der Lippen	3	1	1	3	2	1	3,5	2	1	3,5	2	1
Rechtes Jochbein	14	6	4,5	16,5	6	4,5	17	9	4,5	18,5	9	4,5
Rechter Daumenballen . .	8	5	4	9,5	5	4	10,5	5	4	10,5	6	4
Kuppe des recht. Zeigefingers .	3	1,5	1	2,5	1,5	1	2,5	2	1	3	2,5	1

Am 1. Tag hatte der Schüler seine Arbeit um $11\frac{1}{2}$h, am 2. Tag um 10h, am 3. Tag um 12h, am 4. Tag um $10\frac{1}{2}$h beendet.

Tabelle 26.

Unterrichtsfächer	8—9 Englisch	9—11h Zeichnen	11—12h Italienisch	2—3h Deutsch	3—4h Mathem.	4—5h Franz.
Zeit der Untersuchung	8h	11h	12h	2h	5h	
Stirn	3	6	10	8,5	12	
Nasenspitze	0,6	4	3	3,5	3	
Rot der Lippen	1	1,5	2,4	2	3	
Jochbein, Mitte	4	15	13,5	12	16	
Daumenballen	1,5	1	2	1,3	3,5	
Fingerbeere	1,2	2	2	1,5	3,8	

Über die Schwellenvergrößerung durch Ermüdung nach einem mündlichen Abiturientenexamen gibt Tab. 27 Aufschluß.

Tabelle 27.

Name	½ Std. vor der Prüfung in der Wohnung eines der Kandidaten		Unmittelbar nach der Prüfung in Latein, Mathem., Griechisch, Geschichte, Franz. (20 Min. f. jed. F.)	
	Stirn (Mitte)	Jug. r.	Stirn (Mitte)	Jug. r.
A. Sch.	6	7	14	15
F. L.*)	5,5	6,5	12,5	13

*) Dieser Kandidat wurde je 18 Min. außer in den genannten Fächern noch in deutscher Literatur und Physik geprüft.

Über die Schwellenvergrößerung durch Ermüdung nach anstrengenden Leibesübungen (militärischen Exerzitien) verweise ich auf Tab. 25—29 meiner Arbeit im Internat. Arch. f. Schulhyg. 1905, Bd. 1, S. 360ff. und Tab. 1ff. in Pflügers Arch. 1910, Bd. 31, S. 19ff.

Zur Erläuterung der Methode der richtigen und falschen Fälle mit festen Nadelabständen in der Modifikation von Binet möge Tab. 28 nach Claparède dienen.

Tabelle 28.

Abstand der Nadeln	Untersuchung vor der Arbeit Antworten			Untersuchung nach der Arbeit Antworten		
in mm	1 Spitze	2 Spitzen		1 Spitze	2 Spitzen	
0	124	12		126	10	
5	113	23		126	10	
10	89	47	163	112	24	108
15	43	93		62	74	
20	9	127		20	116	
25	9	127		2	134	
30	1	138		2	134	

Aus vorstehender Tabelle ist ersichtlich, daß die Zahl der Antworten „1 Spitze" in den kleineren Abständen mit der Ermüdung zunimmt, während die Antworten „2 Spitzen" weniger werden.

Der Vorteil der ästhesiometrischen Methode zur Bestimmung der Simultanschwelle besteht darin, daß sich das Instrument wegen seiner Handlichkeit überall, ohne lange Vorbereitungen und ohne Hilfsmittel sowie ohne größeren Zeitaufwand verwenden läßt, daß es die auf die Prüfungen gerichtete Aufmerksamkeit und die Ablenkung derselben seitens der Versuchspersonen zu kontrollieren erlaubt, daß sich damit die Normal-, Erregungs- und Ermüdungsschwellen feststellen lassen und daß es sowohl über die Abhängigkeit der beiden Hirnhemisphären voneinander als auch über deren asymmetrisches Verhalten im Zustande der Erregung und Ermüdung und in pathologischen Fällen sowie über Hirnlokalisationsverschiedenheiten bei Rechts- und Linkshändern Aufschluß gibt. Bei richtiger Durchführung der ästhesiometrischen Methode kommt es weder zum Eintritt einer Versuchsermüdung noch zu einem Einfluß von Übung auf das Unterscheidungsvermögen. Abgesehen von den zahlreichen Experimentatoren früherer Zeit — eine Zusammenstellung der Literatur findet sich in meinen früheren Arbeiten —, die mit dem Ästhesiometer Ermüdungsnach-

weise erbrachten gegenüber denjenigen Experimentatoren, denen die Anwendung des Instrumentes mißglückte, sei es wegen Überreizung der Haut (German), sei es wegen Gewöhnung der Versuchspersonen an die Reize und Abstumpfung gegen diese (Bolton), sei es aus Mangel an Geschicklichkeit, aus Unkenntnis der Kontrastwirkung von Erregung und Ermüdung, aus Nichtbeachtung verschiedener für die Ermittelung der Schwellen wichtiger Faktoren, wie gleichmäßiger Druck und gleichmäßiges Aufsetzen der Spitzen, haben auch neuere Forscher, wie Wolf und Focher, zuverlässige Ergebnisse mit der Methode erzielt. Friedmann fand mit der Konstanzmethode unter Verwendung eines von ihm angefertigten Ästhesiometers, dessen Reizapparat aus Glaskapillaren mit abgeschliffenem Rand besteht, allerdings unter Verzicht auf Druckkontrolle, daß die Raumschwelle zur intellektuellen Entwicklung der Schulkinder in Beziehung steht, was übrigens vor ihm bereits Graziani und Schuyten festgestellt haben, deren Arbeiten ihm entgangen sind.

Betreffs früherer, gegen die ästhesiometrische Methode zur Ermittelung von Ermüdung gerichteter Angriffe verweise ich auf meine Abwehr im Internationalen Archiv f. Schulhygiene 1905, Bd. 1, S. 380ff., in Pflügers Arch. 1910, Bd. 131, S. 8 und in der Zeitschrift f. Neurol. 1916, Bd. 32, S. 419, auf Hellers Erfahrung, daß sich die durch Ermüdung bedingten Schwankungen im psychischen Zustande einer Person in den Ergebnissen der Raumsinnversuche deutlich widerspiegeln, und daß es wohl kein feineres Reagens auf die Ermüdungswirkung einer Beschäftigung gibt als die Messung des Raumsinnes (Blindenfreund 1905, Nr. 1, S. 5), sowie auf Michottes Befunde über beträchtliche Vergrößerung der Schwellen im Zustande der Ermüdung und auf die Richtigstellungen Spearmans. Letzterer (S. 18) macht besonders darauf aufmerksam, daß die Feststellung der Schwellen nicht durch langwierige Laboratoriumsversuche, sondern in tunlichst kurzer Zeit zu erledigen sei. Diesen Standpunkt vertritt auch Wolf (S. 133). Unwissenschaftlich ist es, eine Methode, ohne sie selbst ausprobiert zu haben, deswegen als unzulänglich bzw. unbrauchbar zu bezeichnen, weil sich dieser oder jener, dem sie mißlungen ist oder der unter dem suggestiven Einfluß anderer stand, in derartigem Sinne geäußert hat. Man vergleiche hierzu Schuytens(3; S. 9u. 79) Zurückweisung der Ansprüche Germans, Leubas, Boltons, Weygandts. Süpfle (S. 312) hat wohl, ähnlich wie Kraepelin, Altschul, Alexander u. a. nie einwandsfreie ästhesiometrische Beobachtungen angestellt, sondern sich auf die Aussagen Kraepelins u. a. verlassen. Die normalen Schwellen bestimmter Hautstellen, das Verfahren der richtigen und falschen Fälle, die Vexiermethode zur Prüfung der auf die Versuche gerichteten Aufmerksamkeit scheinen ihm unbekannt zu sein. Wer in experimentellen Fragen Urteilsfähigkeit beansprucht, darf sich, wie bei spielsweise auch Wundt (3, S. 467), Durig (S. 236), Ewig und Wohlfeil (S. 262), Sippel (S. 27f.) von anderen nicht beeinflussen lassen. — Daß das Unterscheidungsvermögen für die Größe der Schwellen durch Ermüdung herabgesetzt wird, unterliegt nach Meumann (3, S. 176) keinem Zweifel, und neuerdings äußert sich Focher (1923) in gleichem Sinne. Letzterer konnte aber bei seinen Untersuchungen über die Physiologie und Psychologie des Weberschen Raumsinnes aus äußeren Gründen auf diese Tatsache keine Rücksicht nehmen. Für seine Zwecke war dies auch weniger erforderlich, weil es sich dabei hauptsächlich um die Feststellung handelte, daß die Raumschwelle, die unter normalen physiologischen Bedingungen beiderseits völlig oder annähernd die gleiche ist, wie ich bereits 1910, 1916 und 1919

angab, worauf Focher in seiner späteren Arbeit von 1925 auch hinweist, in pathologischen Fällen beiderseits ungleiche Größe haben kann. R. Griesbach fand bei Geisteskranken, Focher bei Epileptikern ein asymmetrisches Verhalten der beiderseitigen Raumschwellen, und Focher hat diesen Befund diagnostisch verwertet. Über ungleiche Größe der beiderseitigen Raumschwellen bei Gesunden berichteten auch bereits van Biervliet und Schmey, ohne jedoch den Einfluß der Erregung und Ermüdung in Betracht zu ziehen (vgl. auch Schuyten, Rasdolsky). Schon Féré betonte, daß die linksseitige Hirnhemisphäre erregbarer als die rechtsseitige sei. Daß die Raumschwelle Tagesschwankungen zeigt, wollen Schmey, Motchoulsky und Adsersen gefunden haben, daß sie in verschiedenen Altersstufen variiert, in der Jugend am kleinsten ist, fanden Czermak, Camerer, A. Stern, Motchoulsky und ich. Nach Ziehen (S. 132) ist dies nur mit Einschränkungen richtig.

Daß dem weiblichen Geschlecht kleinere Schwellen eigen sind als dem männlichen, erbrachten die Untersuchungen Sakakis.

Neuerdings hat M. Arnold die Abhängigkeit der Raumschwellen von Alter und Geschlecht besonders mit Rücksicht auf die Pubertät nachgewiesen, worauf ich bereits im Internationalen Archiv, S. 326, anspielte. Focher fand eine Abnahme der Schwellen in der Periode des stärkeren, eine Zunahme in der des schwächeren Wachstums. Nach Friedmann dominiert hinsichtlich der Schwellengröße bis zum 12. Lebensjahre der anatomisch-physiologische, später der intellektuelle Faktor.

Daß die Rasse auf die Größe von Einfluß ist, behauptet Mc Dougall von den Bewohnern der Murray-Inseln, während Rivers bei den Todas in Südindien und ich bei Hagenbeckschen Singhalesen keine Rasseneigentümlichkeiten betreffs der Schwellengröße nachzuweisen vermochten.

Daß zwischen Blinden und blinden Taubstummen einerseits sowie zwischen diesen und Vollsinnigen andererseits kein Unterschied im Tastvermögen vorhanden ist, soweit es sich um anatomisch-physiologische Bedingungen handelt, wie ich und Ferra i nachwiesen (vgl. auch Mahner), wie denn überhaupt das Dogma vom Sinnenvikariat der Blinden in der Luft schwebt, mag hier kurz erwähnt werden. In den Ausführungen von Sticker und Sternberg vermag ich eine Widerlegung dieser Auffassung nicht zu erblicken, wenn ich auch nicht bezweifele, daß psychische Faktoren bei Blinden einer gesteigerten Ausbildung zugänglich sind.

Nach Vierordt und seinen Schülern (Lit. in meiner Arbeit von 1895) steht die Größe der Raumschwelle an den verschiedenen Körperstellen in Abhängigkeit zur Beweglichkeit derselben. Die Schwellengröße nimmt proportional dem Abstande des betreffenden Hautgebietes von der Körperhauptachse ab. An Körperteilen, die um eine oder mehrere eigene Achsen beweglich sind, ist die Sensibilität am ausgeprägtesten. Der Grund für diese Tatsache liegt in der Zahl und Anordnung der sensiblen Nervenendigungen. Daß, wie ich bereits in früheren Arbeiten im Gegensatz zu Aubert und Kammler (vgl. auch Heller, Philos. Studien XI) angab, die Größe der Simultanschwelle von der Reizstärke abhängt, daß die Schwelle bei stärkeren Reizen meistens kleiner, bei schwächeren größer ausfällt, wurde von Brückner, Cook und Frey bestätigt. Ich bemerke hierzu jedoch noch, daß dieses Verhalten auch von Erregung und Ermüdung beeinflußt wird.

5. Theoretische Betrachtungen über die Ursache der Größenverschiedenheit der Raumschwellen im Zustande der Erregung und Ermüdung.

Es fragt sich nun, wie die Verkleinerung der Raumschwelle, d. h. die Zunahme der Sensibilität bei Erregung, die Vergrößerung der Schwelle,

d. h. die Abnahme der Sensibilität bei Ermüdung und das beiderseitig ungleiche Verhalten der Schwelle unter dem Einflusse beider zu deuten ist. Zur Beantwortung dieser Fragen müssen zunächst einige Bemerkungen über die der Sensibilität dienenden Nervenbahnen vorausgeschickt werden.

Man unterscheidet eine Oberflächen- und Tiefensensibilität. Hier interessiert hauptsächlich die erstere. Dabei kommen für die zentripetale Reizübertragung durch Tangorezeptoren im Bereiche des Rumpfes und der Gliedmaßen als peripherisches Neuron mit Hautnervenfasern als Dendriten im Spinalganglion gelegene Zellen in Betracht, deren Neuriten als Spinalnervenhinterwurzeln in das Rückenmark gelangen.

Auf ihrem weiteren Verlauf erfolgt Kreuzung der Tastbahn. Dadurch wird die linksseitige Fühlsphäre mit rechtsliegenden, die rechtsseitige Fühlsphäre mit linksliegenden Hautgebieten in Beziehung gesetzt. Im Rückenmark schlägt die Tastbahn zwei Wege ein, den Seitenstrang und den Hinterstrang. Ein Teil der Spinalganglienzellenneuriten endet nach Eintritt ins Rückenmark an kommissuralen Strangzellen des gleichseitigen Hinterhornes (1. zentrales Neuron). Die Neuriten dieser Zellen führen durch die vordere Kommissur in den gegenüberliegenden Seitenstrang, wo sie den Tractus spino-thalamicus bilden, der zu Zellen gelangt, die als zweites Neuron im Sehhügel liegen. Die aus diesem kommenden Bahnen verlaufen teils direkt durch den hinteren Schenkel der Capsula interna, teils indirekt, d. h. nach vorherigem Durchtritt durch den Linsenkern zum dritten Neuron in der Fühlsphäre. Ein anderer Teil der Spinalganglienzellenneuriten tritt direkt in den gleichseitigen Hinterstrang des Rückenmarkes, entsendet Kollateralen zu Vorderhornzellen (Reflexbogen) und gliedert sich der Hauptmasse nach in ein mediales langfaseriges und ein laterales kurzfaseriges Bündel, deren aufsteigende Fasern bis in das Halsmark ziehen. Das mediale Bündel entstammt den Sakral-, Lumbal- und den 12.—4. Thorakalnervenwurzeln (Gebiet der unteren Gliedmaßen und der unteren Rumpfhälfte). Das laterale Bündel entstammt den 4.—1. Thorakal- und den Zervikalnervenwurzeln (Gebiet der oberen Gliedmaßen und der oberen Rumpfhälfte). Das langfaserige mediale Bündel wird in höheren Rückenmarksabschnitten von dem kurzfaserigen lateralen Bündel immer mehr gegen die Mittelebene gedrängt (Kahlersches Gesetz). Auf diese Weise entsteht im Halsmark aus den verdrängten Fasern der Gollsche Strang, aus den verdrängenden Fasern der Burdachsche Strang, deren Ganglienzellen für die Hinterstrangbahn das erste zentrale Neuron bilden.

Die aus diesen beiden Strängen hervortretenden Fasern sind die Fibrae arcuatae internae, die nach ihrer Kreuzung in der Rhaphe die Schleifenbahn bis zum Nucleus lateralis und Centrum medianum des Sehhügels einschlagen, von wo aus die Bahn die Fühlsphäre erreicht.

Der Sehhügel kann nach H. Head und G. Holmes gewissermaßen als ein sensorisches Zentrum betrachtet werden, das sensorische Reize teils zur Hirnrinde, teils zum Höhlengrau leitet und das durch Vermittelung der Hirnrinde jedes andere Zentrum zu beeinflussen vermag und auch dazu dient, in der Rinde die Aufmerksamkeit auf bestimmte Erscheinungen zu lenken. Die Tastbahn im Bereiche des Gesichtes liegt hauptsächlich im Trigeminus, dessen Hautverbreitungsgebiet sich nach meinen und Schuytens Erfahrungen, besonders im Bereiche des 1. und 3. Astes am besten für ästhesiometrische Untersuchungen eignet. Der Reiz wird zunächst zu dem das erste Neuron bildenden Ganglion semilunare Gasseri geleitet. Die daraus hervorgehenden sensiblen Fasern ziehen durch die Brücke und verbreiten sich im sensiblen Endkern. Von diesem ziehen Fasern durch die Olivenzwischenschicht und verlaufen teils in der medialen Schleife, teils als besonderes, mehr lateralwärts aufsteigendes Bündel durch den hinteren Schenkel der Capsula interna zur kontralateralen Fühlsphäre. Die Fühlsphären liegen beiderseits im Gebiet der hinteren Zentralwindung und dehnen sich insbesondere für die Berührungs- und Schmerzempfindung auf den angrenzenden vorderen Teil des Schläfenlappens aus. Die Sensibilität verteilt sich dabei auf vier Abschnitte. Diese entsprechen in der Richtung von unten nach oben den Hautgebieten folgender Körpergegenden: 1. Gesicht, Hals, Nacken, 2. obere Gliedmaßen, 3. Stamm, 4. untere Gliedmaßen und Dammgegend.

Ich versuche jetzt Erklärungen beizubringen für die Unterschiede der Schwellengröße unter dem Einfluß von Erregung und Ermüdung. Jede geistige und körperliche Arbeit sowie psychische Erlebnisse rufen in der Hirnrinde zunächst stets Erregung hervor. Ob für die Ausbreitung dieser, wie meistens angenommen wird, fibrilläre Elemente des Nervengewebes, oder ob dafür eine kolloidartige, Volumänderung, Permeabilitätssteigerung und Ionenverschiebungen zugängliche Beschaffenheit der Nervensubstanz

in Betracht kommt, wie sie nach Carlson und Mott z. B. der Achsenzylinder besitzen soll, der jedenfalls kein starres Gebilde im Sinne Köllikers ist, bleibt hier unerörtert. Der mit dem Ästhesiometer ausgeübte Hautreiz bewirkt ebenfalls Erregung, die von den an den einzelnen Körperstellen in geringerer oder größerer Zahl vorhandenen Rezeptoren ausgeht.

Demnach stehen Erregungen verschiedener Art und Herkunft antidrom miteinander in Interferenz, die für die Empfindung der Größe der Raumschwelle von Einfluß ist. Durch Zusammentreffen der Erregungen können sich diese gegenseitig verstärken oder schwächen, wodurch das Empfindungsvermögen für die mit dem Ästhesiometer erzeugten Reize gesteigert bzw. herabgesetzt wird. Handelt es sich um Beeinflussung des unter normalen Bedingungen vorhandenen Biotonus, so werden sich aus der Interferenz die Normalschwellen ergeben. Zwei Simultanreize der Haut werden jedoch in Abhängigkeit von der Lokalisation und Zahl der Tangorezeptoren in dem von dem Reiz getroffenen Gebiet in um so geringerer Distanz noch als zwei empfunden werden, je ausgeprägter das Empfindungsvermögen bei der Steigerung der Erregung durch Interferenz sich gestaltet.

Da auf Reizung linksseitiger Hautgebiete die rechtsseitige, auf Reizung rechtsseitiger Hautgebiete die linksseitige Fühlsphäre infolge von Kreuzung der meisten Tastbahnen anspricht, so liegt die Annahme nahe, daß, je nachdem die primäre Erregung in der linken oder rechten Hemisphäre überwiegt, auch die durch Interferenz der primären und sekundären Erregung gesteigerte Empfindung in den beiden Hemisphären verschieden stark ausgeprägt ist, daß also, beiderseits gleiche Stärke der Hautreize vorausgesetzt, die Schwelle auf rechts- bzw. linksgelegenen Hautgebieten kleiner ausfällt. Ist die primäre Erregung in beiden Hemisphären von gleicher oder annähernd gleicher Intensität, so wird, wiederum gleiche Stärke der beiderseitigen Hautreize vorausgesetzt, der aus der Interferenz der Erregungen sich ergebende schwellenverkleinernde Einfluß beiderseits ebenfalls gleich oder annähernd gleich empfunden. Wenn es auch möglich ist, mit einem Ästhesiometer, das gleiche Reizstärken zu erzeugen erlaubt, solche auf links- und rechtsgelegenen Hautgebieten hervorzurufen, so werden die beiderseitigen Schwellen doch manchmal noch kleine Größendifferenzen aufweisen, da selbst unter normalen physiologischen Bedingungen, d. h. beim Fehlen besonders primär erregend wirkender Einflüsse, die linke Hemisphäre in der Regel (Rechtshänder) in ihrem funktionellen Verhalten die rechtsseitige übertrifft (vgl. Féré). Auch darf nicht außer acht gelassen werden, daß kommissurale Verbindungen zwischen beiden Hemisphären dieselben funktionell in Beziehung zu bringen vermögen, daß also an Vorgängen in der einen Hemisphäre auch die andere Hemisphäre mehr oder weniger beteiligt sein kann, sofern die Vorgänge nicht an ganz bestimmte nur einseitig lokalisierte Gebiete (Sprachzentren) gebunden sind.

Bis vor nicht allzu langer Zeit ist noch ein anderer Umstand für die Empfindung der Raumschwelle unter dem Einflusse der Erregung in Erwägung gezogen worden. Rabl-Rückhard und besonders Duval haben nervösen Elementen aktive Beweglichkeit zugeschrieben, die als Amöboidismus bezeichnet wurde, dem kein Geringerer als der in der Histologie des Nervensystems sehr bewanderte Forscher Ramon y Cajal sympathisch gegenübersteht. Auf diese Weise könnte, so meinte man, sich der Neuronenzusammenhang fester oder lockerer gestalten, wodurch Empfindungen mehr oder weniger intensiv würden. Nach neueren Anschauungen handelt es sich jedoch nicht um aktive Motilität nervöser Elemente, sondern um

physikalische, die gleiche Erklärung zulassende Prozesse, die in Quellungs- und Permeabilitätsänderungen und vielleicht auch in thigmotischen Erscheinungen von Fibrillen, Synapsen, Endbäumchen, Schlingen und Ösen ihren Ausdruck finden. Die Bedeutung des Neurons als biologische Einheit würde durch solche Vorgänge nicht beeinträchtigt. Endlich bleibt zu überlegen, ob durch eine Art Sensibilisierung bzw. Abstumpfung nervöser Elemente durch bestimmte, auf S. 355 genannte Ionen und durch Ausschüttung von Hormonen die Empfindungsintensität beeinflußbar ist. — In betreff des Empfindens einer Schwellenvergrößerung bei Ermüdung dürfte es sich um erregungshemmende Wirkung von Ermüdungsstoffen in dem oben dargelegten Sinne sowie allenfalls um Volumveränderungen mit leitungsblockierender Wirkung in neuronalen Elementen handeln.

Im übrigen ist die Empfindungsintensität je nachdem die Ermüdung vornehmlich die linke oder rechte Hemisphäre befällt, analog den für die Erregung geltenden Bedingungen, für kontralaterale ästhesiometrische Reize mehr herabgesetzt als für homolaterale, d. h. die Schwellenvergrößerung ist auf den kontralateralen Hautbezirken am bedeutendsten.

Eigentümliche Beziehungen bestehen zwischen Hautsensibilität und Blutdruck. Bei kortikalen Erregungs- und Ermüdungsvorgängen läßt sich nach Ausbreitung derselben auf das Zwischenhirn, von wo aus unter Vermittelung des vegetativen Nervensystems die Gefäßinnervation beeinflußt wird, durch Veränderung des funktionellen Verhaltens der Vasokonstriktoren bzw. Vasodilatatoren eine Erhöhung bzw. Erniedrigung des arteriellen Blutdruckes, wie angegeben, feststellen, wobei auch Hormone, z. B. Adrenalin, eine Rolle zu spielen scheinen. Die durch gewisse Erregungen hervorgerufene Steigerung des Blutdruckes entspricht einer kleineren, die durch Ermüdung bewirkte Senkung desselben einer größeren Raumschwelle. Unter normalen physiologischen Verhältnissen fand ich den Blutdruck in Übereinstimmung mit dem Verhalten der Raumschwelle beiderseits gleich oder doch annähernd gleich. Wenn mit geistiger oder körperlicher Betätigung, im ersteren Falle in der linken, im letzteren Falle in der rechten Hemisphäre, wie oben erwähnt, Erregung verbunden war, die zu einer bedeutenderen Verkleinerung der kontralateralen als der homolateralen Raumschwelle führte, so war auch der Blutdruck im kontralateralen Arm größer als im homolateralen. Analoge Beziehungen zwischen Vergrößerung der Raumschwelle und Senkung des Blutdruckes offenbaren sich im Zustande der Ermüdung. Die unter dem Einfluß von psychischen Affekten, wie z. B. Unruhe, Ehrgeiz, Zweifel ein erstrebtes Ziel zu erreichen, zum Teil auch Ängstlichkeit, auftretende Erregung bewirkte nach meinen Beobachtungen im Verlaufe studentischer Mensuren, der Produktionen von Ringkämpfern (vgl. Tab. 21, 22, 23) sowie in einigen Fällen von „Lampenfieber“ bei künstlerischen Leistungen, insbesondere einiger um Engagement sich bewerbender Bühnen- und Konzertsängerinnen während der Probevorstellung eine beiderseits annähernd gleiche oder rechtsseitig etwas erhöhte Sensibilität und beiderseits annähernd gleichen oder rechtsseitig leicht gesteigerten Blutdruck, woraus auf eine annähernd gleichmäßige Verteilung der Erregung auf beide Hemisphären bzw. auf ein Vorwalten der Erregung in der linken Hemisphäre geschlossen werden muß. Einige Beobachtungen über Sensibilität und Blutdruck bei anthropologischen Untersuchungen weiblicher Personen mit sehr ausgesprochenem Schamgefühl, das sich während der Ermittelung ihrer konstitutionellen Beschaffenheit in starkem Erröten offenbarte, lieferten keine sicheren Anhaltspunkte betreffs Beziehungen zwischen

Blutdruck und Sensibilität. Obwohl der Blutdruck infolge seiner schon auf die geringfügigsten Einflüsse ansprechenden Labilität, seiner Tagesschwankungen, reflektorischen und respiratorischen Schwankungen, der von der Atmung unabhängigen Traube-Heringschen Wellen und seiner Beeinflussung durch das Verhalten der Weichteile beim Anlegen der Armbinde ein äußerst verwickeltes Phänomen ist, das dadurch noch verwickelter wird, daß der Blutdruck zum Lebensalter, zur Länge und zum Gewicht des Körpers und beim weiblichen Geschlecht außerdem zur Menstruation in Beziehung steht, die sich überdies beim systolischen und diastolischen Druck noch verschieden gestaltet, worüber Stanley Roß Burlage leider ohne Berücksichtigung von Erregung und Ermüdung Untersuchungen anstellte, läßt sich seine Messung, besonders mit der ästhesiometrischen Methode kombiniert, zum Nachweis von Erregung und Ermüdung verwenden.

Von der S. 368 angegebenen E. Weberschen plethysmographischen Methode habe ich an Schulkindern und an Arbeitern in gewerblichen Betrieben bisher Abstand genommen, weil sich das Verfahren für diese Zwecke als zu umständlich und zeitraubend ergab.

Da die Haut treffende Reize in der Weite der Kapillaren, deren Beschaffenheit und Verhalten namentlich durch die Untersuchungen von Spalteholz, Steinach und Kahn, O. Müller, E. Weiß, Thaller und Draga, Schur, Leriche und Policard, Hagen, Krogh, Niekau, Neumann, Kukulka, Parrisius, Heinen, Kylin, Lennartz, Zimmermann, Vimtrup, Marchand, Ebbecke, Stöhr jun., Tannenberg und Fischer-Wasels klargelegt wurde, Änderungen hervorzurufen vermögen — Ebbecke weist auf die Eigentätigkeit der Kapillaren sowie darauf hin, daß sie „von feinen Nerven begleitet oder spiralig umsponnen werden, wobei die Nervenfasern zuweilen durch Seitenäste anastomosieren oder durch knöpfchenförmige Endorgane mit der Kapillarwand in Beziehung zu treten scheinen“ (vgl. Stöhr, Tannenberg, S. 1537) —, so ist mit ihrer Weiteänderung, die sich umgekehrt wie die arterieller Gefäße verhalten kann, auch ein verschiedener Gehalt an Blut und ein verschiedener Druck desselben verbunden. Nach Kukulka, Vimtrup und Zimmermann dienen bereits von Eberth und Rouget beschriebene, auf dem Kapillarrohr liegende Zellen, die Zimmermann Perizyten nennt, der Kapillarkontraktion. Nach Marchand, der diese Gebilde als Adventitialzellen bezeichnet und sie vom Endothel herleitet, kommen sie aber als kontraktile Elemente nicht in Betracht. Ebbecke hält es nicht für ausgeschlossen, daß sie, ebenso wie die Endothelzellen selbst, Kontraktilität besitzen. Nach Nesterow haben die Kapillaren keine eigenen kontraktilen Elemente, sie reagieren daher nicht aktiv auf Erregungen durch mechanische Einflüsse, Elektrizität, Licht, Temperaturverschiedenheiten, sondern passiv durch Vermittelung der Arteriolen (vgl. Plenk).

Ob die von Stöhr jun. beschriebenen Kapillarnerven motorischer oder sensibler Natur sind oder ob vielleicht beide Arten vorkommen, bedarf noch genauerer Untersuchung.

Schon bei Alsberg und Schmey finden sich Angaben über Beziehungen zwischen Raumschwelle und Blutzufluß zur Haut. Schmey erzeugte auf der Haut des Armes künstliche Hyperämie durch Auflegen von Senfpflaster und fand nach Abnahme desselben eine Verfeinerung des Raumsinnes, wobei die Schwelle von 20 mm auf 10 mm herunterging. Bei Einatmung von Amylnitrit erfolgte Hyperämie der Gesichtshaut, dabei verminderte sich die Schwelle auf der linken Wange von 13 mm auf 7 mm. Nach Alsberg erzeugt venöse Hyperämie Verschlechterung des Raumsinnes. Schmotin benutzte zur Erzeugung von Hyperämie eine 6 cm breite Esmarchsche Binde, die so um den Ober-

arm gelegt wurde, daß sie den Abfluß des Blutes aus den Hautvenen verhinderte. Unter diesen Bedingungen ergab sich in einigen Fällen eine kleinere Schwelle, also eine Verfeinerung, in anderen Fällen eine größere Schwelle, also eine Abstumpfung der Sensibilität am Unterarm. Bei Anämie, die durch Kompression der Arteria brachialis bis zum Verschwinden des Radialpulses erzeugt wurde, trat stets eine erhebliche Herabsetzung der Berührungsempfindung ein. Daß aber bei solchen Versuchen nicht nur der Füllungsgrad der Gefäße, sondern auch der Druck auf Nerven in Betracht zu ziehen ist, was Schmotin unbeachtet ließ, geht schon daraus hervor, daß Schmey durch Druck auf den Ulnaris eine Schwellenvergrößerung auf dem zugehörigen Hautgebiet um 5 mm fand. Diese Beeinflussung beruht zweifellos auf Blockierung der Erregungsleitung. Über Zunahme der Schwelle, also Abstumpfung der Sensibilität bei Anämie und Abnahme der Schwelle, also Erhöhung der Sensibilität, liegen auch Beobachtungen Vaschides an erektilen Organen vor. Bei Amylnitriteinatmung und den Beobachtungen Vaschides spielen zentrale Einflüsse auf die Schwelle eine Rolle. Die Angaben Schmeys, daß Spannung der Haut eine Schwellenverkleinerung, beispielsweise von 35 mm auf 23 mm, also eine nicht unerhebliche Verfeinerung der Sensibilität mit sich bringt, steht im Widerspruch zu Befunden von Czermak, Teufel und Hartmann, von denen die beiden ersteren auf der Bauchhaut von Schwangeren, letzterer bei künstlicher Dehnung der Haut am Rumpf und Hals eine größere Schwelle erhielten. Daß bei derartigen Veränderungen der Haut sich auch Veränderungen in der Weite der Gefäße und infolgedessen Veränderungen in der Blutzufuhr einstellen können, ist begreiflich.

Ich möchte kurz auf eine eigentümliche örtliche Schwellenveränderung hinweisen, die bei statischer Arbeit in Betracht kommen kann. Bei E. K., einem 18jährigen Primaner, wurde die Simultanschwelle am Sonntag (23. Okt. 1927) morgens $10\frac{1}{2}$ h, nach 9stündiger Nachtruhe und Einnahme des Frühstücks, am rechten und linken Unterarm auf der Wölbung des Musculus brachio-radialis (Bereich des Nervus antibrachii lateralis) zu 12,5 mm (scharfe Spitzen) bestimmt. Darauf hielt die Versuchsperson den rechten Arm mit einem Kilogewichtsstück in der rechten Hand horizontal. Nach $1\frac{1}{2}$ Minuten entstand leichtes Kribbelgefühl, nach $2\frac{1}{2}$ Minuten das Gefühl starken Unbehagens. Die in diesem Zustande bestimmte Simultanschwelle an der gleichen Hautstelle bei gleicher Armhaltung betrug 8 mm (sch. Sp.). Am linken und rechten Jugum war die Raumschwelle vor und nach dem Versuch 7 mm. Nach 20 Minuten wurde die Simultanschwelle an der gleichen Armstelle wieder zu 12,5 mm (sch. Sp.) gefunden, die Jugumschwelle war unverändert. Am 28. Nov. 1927 wurde ein solcher Versuch in nicht arbeitsfreier Zeit an einem 24jährigen Lehramtskandidaten angestellt. Die Simultanschwelle auf dem Bizeps betrug vor dem Versuch 15 mm (sch. Sp.), 18 mm (st. Sp.), nach $2\frac{1}{2}$ Minuten Dauer des Versuches war der Wert der Schwelle auf 7 mm (sch. Sp.) und 10 mm (st. Sp.) gesunken, nach 15 Minuten war er wieder auf 14 mm (sch. Sp.) und 17 mm (st. Sp.) gestiegen. Bei einem 28jährigen Arzte belief sich der Schwellenwert an einem Sonntagnachmittage im lateralen Gebiet des rechten Oberarmes auf 16 mm (sch. Sp.) und 24 mm (st. Sp.). Bei horizontaler Armhaltung mit 1 kg in der Hand betrug nach 2 Minuten der Schwellenwert im gleichen Gebiet 9,5 mm (sch. Sp.) und 16 mm (st. Sp.). Bei starker Anspannung des Bizeps belief sich der Schwellenwert im gleichen Gebiet auf 9 mm (sch. Sp.) und 15 mm (st. Sp.). Nach Verlauf von 20 Minuten waren die Werte im gleichen Gebiet wieder 16 mm (sch. Sp.) und 24 mm (st. Sp.). Über die Ursache dieses eigentümlichen Schwellenwechsels lassen sich, unter Bezugnahme auf Dusser de Barenne und Burger, verschiedene Vermutungen aufstellen, die hier aber noch unerörtert bleiben mögen, weil bisher keine Beobachtungen an Personen vorliegen, die statische Arbeit verrichten.

Es fragt sich nun, wie der Unterschied in der Größe der Raumschwelle bei verschiedener Weite der Kapillaren und dem größeren oder geringeren Zufluß und Druck des Blutes in ihnen, insbesondere auch in den erwähnten, künstlich hervorgerufenen bzw. auf natürliche Weise entstehenden Fällen von Stauung, Anämie und Hyperämie zu erklären ist. Mögen die Lumenveränderungen der Kapillaren auf Eigentätigkeit derselben, auf peripherreflektorische oder zentrale Einflüsse unter Beteiligung bestimmter Ionen und Hormone (S. 354) zurückzuführen sein, mögen diese Einflüsse auf die ganze Gefäßschlinge oder nur auf ihren arteriellen Schenkel aktivierend wirken, während der übrige Teil mehr passiv in den Vorgang einbezogen wird, stets werden infolge der Lumenveränderung Formveränderungen der Papillen nicht ausbleiben. So könnte z. B. bei Verengerung und geringerem Blutgehalt der Kapillaren eine Verbreiterung der Basis und Verkürzung der

Höhe der Papillen eintreten. Dementsprechend rücken die sowohl bei ein- als auch bei mehrspitzigen Papillen meistens in den Spitzen gelegenen Rezeptoren mehr in die Tiefe und mehr auseinander. Hierdurch werden sie Reizen anders zugänglich, wodurch eine Schwellenvergrößerung bewirkt werden kann. Bei Erweiterung und größerem Blutgehalt der Kapillaren könnte eine Verschmälerung der Papillen unter Zunahme ihrer Höhe eintreten. Dadurch werden die Rezeptoren den Reizen mehr exponiert, woraus sich eine kleinere Schwelle ergeben dürfte. — Zu erwägen wäre noch, ob bei zentraler Erregung bzw. Ermüdung bestimmte Ionen, Hormone, Ponogene sowohl zu den Rezeptoren als auch zu der Kapillarwand gelangen und sie für den Hautreiz empfänglicher bzw. unempfänglicher machen, und ob der Hautreiz vielleicht das Kapillarendothel oder andere Gewebselemente benachbarter Mesenchymbezirke zur Bildung von Stoffen anzuregen vermag, die solche Wirkungen auslösen.

Ein Umstand, auf den hier noch nicht hingewiesen wurde, bedarf einer besonderen Erwähnung. Ich meine die Verschiedenheit des Verhaltens der beiden Hemisphären bei Rechts- und Linkshändern. Für letztere wurde nach Erhebungen von Hasse und Dehner, Mattauschek und mir ein Prozentsatz von 1—1,5 festgestellt, während er nach Stier 3,87, nach Schäfer 4,06, nach Ogle 4,25 betragen und nach anderen noch höher sein soll*). Durch Prüfung der Raumschwelle läßt sich nachweisen, daß bei geistiger Arbeit für die damit zusammenhängende Erregung und Ermüdung bei Rechtshändern die linke Hemisphäre, bei Linkshändern die rechte Hemisphäre hauptsächlich in Betracht kommt, und daß an der zu körperlicher Betätigung in Beziehung stehenden Erregung und Ermüdung sowohl bei Rechts- als auch bei Linkshändern vornehmlich die rechte Hemisphäre beteiligt ist. Ich habe schon früher angegeben, daß sich durch das Verhalten der Raumschwelle bei Ermüdung infolge geistiger Tätigkeit Linkshändigkeit erkennen läßt. Über anatomische und histologische Merkmale genuiner Linkshändigkeit liegen nur wenige Beobachtungen vor, dagegen wissen wir, daß sie erblich ist und zu manchen pathologischen Erscheinungen wie Epilepsie, Enuresis und Sprachfehlern in Beziehung steht, worüber unter anderem Steiner und Redlich berichteten.

Für die Erblichkeit spricht meines Erachtens, daß Siemens unter 21 eineiigen, also aus dem gleichen Chromosomenmaterial hervorgegangenen Zwillingen drei gefunden hat, von denen beide Individuen sich später als Linkshänder offenbarten. In diesen Fällen liegt die Erblichkeit einer bestimmten Hirnanlage doch wohl näher als die Annahme einer bei beiden Individuen intrauterin entstandenen Anlage des linken Armes zu größerer Geschicklichkeit und vorzugsweisem Gebrauch im späteren Leben.

Die Frage nach dem Vorkommen genuiner Ambidextrie mit dafür erforderlicher Hirnbeschaffenheit beim Menschen der Jetztzeit — möglicherweise war er in prähistorischer Zeit Beidhänder — ist noch unentschieden.

*) In einer Broschüre mit dem Titel „Das Problem der Rechtshändigkeit", Berlin, Gebrüder Bornträger 1925, hat Hans Klähn von geologischen Gesichtspunkten aus versucht, das Vorwalten der Rechtshändigkeit genetisch auf den Einfluß äußerer Faktoren, besonders des Klimas und der Nahrungsversorgung, zurückzuführen. Es ist hier nicht der Ort, darauf näher einzugehen. Ich muß jedoch einen Irrtum K.'s berichtigen, der ihm durch ungenaues Lesen meiner Ausführungen über Linkshändigkeit unterlaufen ist. Dort sagte ich, daß beim Schreibunterricht in der Schule von der herrschenden Regel, d. h. vom Gebrauch der rechten Hand keine Ausnahme für Linkshänder gemacht wird, sie also „mit der bei ihnen ungeschickteren Hand — nämlich der rechten — unter erheblicher Belastung ihrer linken Hemisphäre schreiben lernen müssen". Aus diesem Satz und der nachfolgenden Zurückweisung der sogenannten Linkskultur für Rechtshänder in der Schule hat K. auf S. 73 seiner Broschüre herauskonstruiert, ich hätte die linke Hand des Linkshänders die ungeschicktere genannt.

Sie kann ebenso wie die nach genuiner Linkshändigkeit nur durch entwicklungsgeschichtliche und hirnanatomische Forschungsmethoden beantwortet werden. Bei den bisher beobachteten Fällen von Ambidextrie hat sich Heredität meines Wissens nicht einwandsfrei nachweisen lassen. Daß Beidhändigkeit durch Anlernung und Übung erworben werden kann, ist bekannt. Auch kann sie zu pathologischen Veränderungen im Gehirn in Beziehung stehen, wie der von Hansemann am Gehirn des ambidextren Kunstmalers Adolf Menzel († 1905) erhaltene Sektionsbefund beweist.

Gegenüber der Ansicht Rasdolskys stehe ich auf dem Standpunkt, daß Rechts- und Linkshändigkeit nicht die Ursache, sondern die Folge der Asymmetrie der beiden Hemisphären ist.

Über das beiderseitige Verhalten des Blutdruckes und der Raumschwelle im Zustande der Erregung und Ermüdung sind mir bei Ambidextren keine Untersuchungen bekannt geworden. Einige Beobachtungen von mir bei angelernten Linkshändern, bei denen die rechte Oberextremität zum Teil oder ganz fehlte oder durch Lähmung funktionslos war, haben ergeben, daß sich die Hautsensibilität im Bereiche des Trigeminus unter normalen Verhältnissen sowie unter dem Einfluß von Ermüdung bei geistiger Beschäftigung nicht wie die genuiner Linkshänder, sondern wie die der Rechtshänder verhielt. Da infolge des Ausfalles der rechten Extremität körperliche Betätigung nur in beschränktem Maße ausgeführt werden konnte, ließen sich bei dieser aus ästhesiometrischen Ergebnissen in bezug auf Ermüdung keine sicheren Schlüsse ziehen. — In bezug auf die schon erwähnte, überall leicht ausführbare und deswegen auch von einigen Forschern (vgl. Holtzmann, Martin) empfohlene dynamometrische Methode muß ich im Hinblick auf Rechts- und Linkshändigkeit hier nochmals zurückgreifen. Die Deutung ihrer Ergebnisse gewinnt an sonst nicht gerade großer Zuverlässigkeit (vgl. Perl), wenn sie mit der ästhesiometrischen Methode kombiniert wird. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß unter normalen Verhältnissen bei Rechtshändern wegen des vorwaltenden Gebrauches der rechten Hand der Druck mit dieser den der linken Hand überwiegt, und daß genuine Linkshänder sich aus analogen Gründen umgekehrt verhalten. Bei Rechtshändern kann aber auch der Druck mit der linken Hand der größere sein, wenn Erregung vornehmlich von der rechten Hemisphäre ausgeht oder die linke Hemisphäre stärker ermüdet als die rechte. Linkshänder üben einen stärkeren Druck mit der rechten Hand als mit der linken aus, wenn die linke Hemisphäre besonders erregt ist oder in der rechten Hemisphäre Ermüdung vorwaltet. Die am Instrument ablesbaren Werte fallen demnach sehr verschieden aus. Als normale Druckschwelle ist derjenige Druck zu betrachten, der sich für jede Hand ergibt, ohne daß Erregung, geistige oder körperliche Ermüdung im Spiel sind. Bei Erregung verzeichnet das Instrument eine höhere, bei Ermüdung eine niedrigere Kilogrammzahl; denn nach Übergang der Erregung von sensorischen Zentren und Bahnen auf motorische Zentren und auf die zu Skelettmuskeln führenden Bahnen üben erregte Muskeln einen stärkeren Druck aus als unter normalem Tonus, während sie unter dem Einfluß von Ermüdung an Kraft einbüßen*). Ver-

*) Reijs, dem meine dynamometrischen Beobachtungen (Pflüg. Arch., Bd. 131; Deutsche med. Wochenschr. 1919, Nr. 51), wie er mir brieflich mitteilte, entgangen sind, will nach Untersuchungen an 1112 männlichen und 888 weiblichen Personen eine bestimmte Beziehung sowohl zwischen Lebensalter und Dynamometerwert, als auch zwischen Geschlecht und letzterem gefunden haben. Nach ihm steigt bei männlichen Personen die dynamometrische Hubleistung vom 6. Lebensjahr bis zu einem Höchststand im 22. und 23. Lebensjahr (Hubleistung links 40—42, rechts 46 kg), bei weiblichen Personen vom 6. Lebensjahr bis zum Höchststand im 27. Jahr (links 29, rechts 30 kg). Im männlichen Geschlecht schwanken die Werte dann vom 24. bis zum 46. Jahr links zwischen 35 und

gleicht man dieses Verhalten mit dem, das sich bei der ästhesiometrischen Prüfung offenbart, so ergibt sich, daß Druckschwelle und Raumschwelle ziffernmäßig einander entgegengesetzt sind; denn bei Erregung verzeichnet das Ästhesiometer, weil die Hautsensibilität in diesem Zustande zunimmt, einen kleineren, bei Ermüdung einen größeren Wert in Millimetern, weil die Hautsensibilität in letzterem Zustande sich vermindert. Eine Raumschwelle, die kleiner ist als die physiologische Normale, ist aber nicht etwa, wie Noikow meinte, ein Zeichen besonders hochgradiger Ermüdung.

Bei dynamometrischen und ästhesiometrischen Prüfungen ist noch zu beachten, daß sich bei ersteren schon nach wenigen Versuchen Übung geltend macht, die den wahren, dem jeweiligen Zustande der Versuchsperson entsprechenden Druckwert verschleiert. Für die Raumschwelle kommt Übung zwar erst nach zahlreichen hintereinander auf ein und demselben Hautgebiet fortgesetzten Versuchen in Betracht, führt aber dann im Verein mit lokalen Reizerscheinungen ebenfalls zu falschen Ergebnissen. Ich habe schon 1895 darauf hingewiesen, daß die seitens der Versuchsperson auf die Prüfung der Hautsensibilität gerichtete Aufmerksamkeit einen Einfluß auf die Raumschwelle hat, diese nämlich größer empfunden wird, wenn die Aufmerksamkeit im Zustande der Ermüdung versagt. E. Weber hat angegeben, daß unter dem Einfluß der Aufmerksamkeit Veränderungen in der Weite von Gefäßen und Schwankungen des Blutdruckes hervorgerufen werden, wie aus dem Verhalten des plethysmographisch gemessenen Volumens der Glieder hervorgeht. Hieraus ergibt sich, daß die Befunde solcher und ähnlicher Versuche von dem Grade der auf sie gerichteten Aufmerksamkeit abhängen. Da diese aber zweifellos unter völlig normalen Bedingungen größer ist als unter dem Einfluß von Ermüdung und auch durch emotionelle Einflüsse abgelenkt wird, so ist es einleuchtend, daß die Versuchsergebnisse über den jeweiligen Zustand Aufschluß geben werden, in dem sich die Versuchsperson während der Versuche befindet. Wenn E. Gellhorn und H. Lewin im Anschluß an E. Weber fanden, daß bei geistiger Tätigkeit (Rechnen) eine Steigerung des Blutdruckes eintritt, so stimmt dieser Befund mit meinen und C. Tigerstedts Befunden überein. Die Steigerung dauert aber nur so lange, als die mit jeder Tätigkeit verbundene Erregung obwaltet. Die Steigerung erfolgt auch, wenn bereits vorhandene Ermüdung infolge neuer, zu Erregung führender Reize nicht in die Erscheinung tritt. Sobald aber Ermüdung die Oberhand gewinnt, sinkt der Blutdruck, einerlei ob die Ermüdung durch geistige oder körperliche Tätigkeit hervorgerufen wurde. Wenn Gellhorn und Lewin fanden, daß bei einem Patienten durch geistige Beschäftigung gleich nach Beginn derselben (Fig. 10—12 der zitierten Abhandlung) ein Sinken des Blutdruckes auftrat, so scheint mir dieser Befund zu beweisen, daß bei dem Kranken im Gegensatz zu Gesunden vorzeitig Ermüdung einsetzte, wodurch Erregung in der Kurve nicht zum Ausdruck kam.

---

44 kg, rechts zwischen 39 und 46 kg und erreichen im 48. Lebensjahr einen zweiten Höchststand, nämlich links 44, rechts 48 kg. Im weiblichen Geschlecht ergibt sich im 30. Lebensjahr ein zweites Maximum mit links 29, rechts 28 kg und im 35. Lebensjahr ein drittes Maximum mit links 29 und rechts 26 kg. Daß als Ursache verschiedener Druckleistung der beiden Hände, ähnlich wie bei der Verschiedenheit der beiderseitigen ästhesiometrischen Schwellen, verschiedene funktionelle Beeinflussung seitens der beiden Großhirnhemisphären infolge des Vorwaltens links- bzw. rechtshiriniger Erregung bzw. Ermüdung in Betracht kommt, läßt sich auch aus den dynamometrischen Ergebnissen von van Erp, Taalman Kip und den Betrachtungen Rasdolskys herleiten. Auch die Befunde Fochers sind dafür nicht ohne Bedeutung.

Im vorstehenden habe ich eine Übersicht über diejenigen Methoden gegeben, die zum Nachweis der Ermüdung am häufigsten benutzt werden und zum Teil auch zum Nachweis der Erregung dienen können. Unter den Methoden wurden besonders diejenigen instrumenteller Art hervorgehoben, die sich in der Arbeitsphysiologie und Arbeitshygiene sowohl beim Unterrichtsbetrieb in Schulen als auch im Berufsleben der gewerblich tätigen Bevölkerung ohne langwierige Vorbereitungen und längere Beanspruchung der Versuchspersonen verwenden lassen.

F. Erregung und Ermüdung in Beziehung zu Unfall und Leistungsfähigkeit.

Zunächst erscheint es angebracht, einige Erwägungen allgemeiner Art vorauszuschicken. Unfälle in gewerblichen Betrieben und im öffentlichen Verkehr können sich zu jeder Tageszeit, an jedem Wochentage, zu jeder

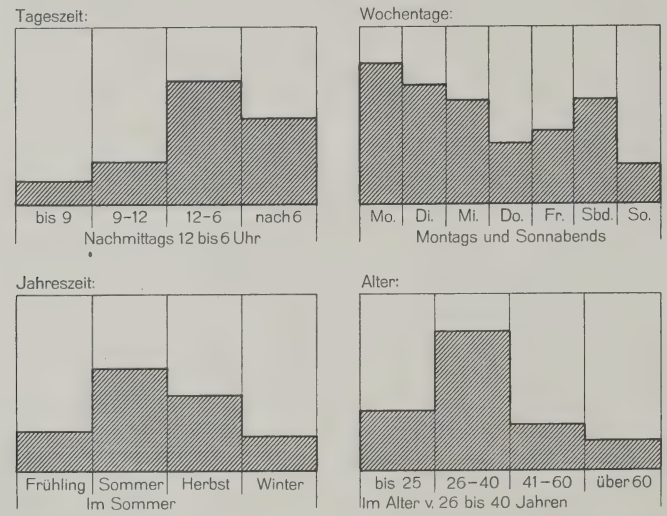


Fig. 32. Eintritt von Unfällen nach Tramm.

Jahreszeit ereignen. Nach meinen vorkriegszeitlichen Erfahrungen traten in einer oberelsässischen Maschinenfabrik, die weit über 1000 Arbeiter beschäftigte, die meisten Unfälle gegen Schluß der Morgen- und Nachmittagsarbeit auf. Unter den Wochentagen waren namentlich Montag, Freitag und Samstag gefährdet, an zweiter Stelle standen Dienstag und Donnerstag, am wenigsten Unfälle fielen auf den Mittwoch. Eine graphische Darstellung über den Eintritt von Unfällen nach Tramm gibt Fig. 32.

Natürlich kann dieses Schema je nach Beanspruchung der Kräfte der Arbeiter, und je nachdem sich der Einfluß der Ermüdung bei ihnen geltend macht, mancherlei Abänderungen erfahren. Kitson und Campbell bestätigten durch statistische Erhebungen die alte Erfahrung, daß in einem Betrieb neueingestellte Arbeiter Unfällen leichter ausgesetzt sind als Arbeiter, die dem Betrieb bereits längere Zeit angehören.

Daß bei Nachtarbeit, wie z. B. Kent berichtet, die Unfallziffer oftmals steigt, hängt meistens mit erheblicher Ermüdung der Arbeiter zusammen. Damit steht auch die Angabe Piraths im Einklang, daß im

Eisenbahnbetrieb in der Zeit zwischen 4 und 5 Uhr morgens, am Schluß der Nachtschicht, Ermüdungserscheinungen und Nachlassen der Leistungen der Beamten beobachtet werden.

Marbe meint, die Wahrscheinlichkeit, daß Personen Unfälle erleiden, könne nach der Anzahl der Unfälle, die sie bereits erlitten, bemessen werden (sogenanntes Wiederholungsgesetz). Eine Anzahl Personen wird während einer bestimmten Zeit beobachtet. Diejenigen, die in der ersten Hälfte dieser Zeit keinen Unfall hatten, nennt er Nuller, diejenigen, die einen Unfall erlitten Einer, und diejenigen, die mehrere Unfälle aufwiesen, Mehrer (Dreier, Vierer usw.). Dann stellt er fest, wie viele Unfälle auf jede Person dieser drei Gruppen in der zweiten Hälfte der Beobachtungszeit kommen und berechnet die mittlere Unfallzahl jeder der drei Gruppen. Marbe fand, daß in der zweiten Hälfte der Zeit die Nuller eine kleinere mittlere Unfallzahl als die Einer und diese eine kleinere als die Mehrer aufweisen. Marbe dehnt diese Annahme auch auf Personen aus, durch die Betriebsunglücke herbeigeführt werden.

Es besteht eine gewisse Ähnlichkeit zwischen den von Marbe in mehreren Schriften niedergelegten Annahmen mit Untersuchungen Aschaffenburgs über das Vorkommen von Verbrechen.

Das von Marbe aufgestellte Wiederholungsgesetz für persönliche Unfälle sowie für Betriebsunglücke sucht er unter Benutzung von statistischen Erhebungen eines seiner Mitarbeiter (Greiveldinger) bei 3000 Versicherten und unter Bezugnahme auf eine kleine Zahl (124) von Schulkindern zu stützen. Hinsichtlich der Prüfung des „Wiederholungsgesetzes" unter Heranziehung von Versicherten sei folgendes bemerkt: Da das Versicherungswesen mancherlei Mißstände aufzuweisen hat, die in der Erwerbslosenversicherung sogar zu Arbeitsscheu und Volksgefährdung führen, so gibt es manchmal gewissenlose Elemente, die, durch einmaligen Unfall zu Rentenempfängern geworden, unter Verwendung von allerlei Tricks und Simulationen Routiniers in der Erlangung von Renten darstellen und sogar vor der absichtlichen Herbeiführung kleinerer persönlicher Unfälle nicht zurückschrecken, um ihre Bezüge zu erhöhen. Andere Personen werden durch das Versicherungssystem unvorsichtig, unaufmerksam und gleichgültig bei der Arbeit, wodurch leicht neue Unfälle herbeigeführt werden. Aus Rentensucht vermögen sich Affekte zu entwickeln, die mit erhöhter Impulsivität und nervöser Überempfindlichkeit als funktionelle Störung die viel umstrittene sogenannte Unfallneurose herbeiführen, die mit Goldscheider besser als Rentenneurose zu bezeichnen wäre. Da sie bei Abfindung der Versicherten mit genügender Entschädigung verschwindet, vermag ich in solchen und den vorgenannten Fällen eine Unfallaffinität nicht zu erblicken. Interessant wäre es ferner, festzustellen, ob das Marbesche Gesetz für Nichtversicherte und für solche Personen zutrifft, die durch Zufall (s. Günther) Unfall erlitten.

Daß Verletzungen bei Jugendlichen infolge von Unfug, Übermut, Unerfahrenheit, Spielerei usw. häufiger sind als im Alter, ist eine bekannte Tatsache. Für Unfälle in gewerblichen Betrieben kommt hinzu, daß in diesen Fünfzehn- bis Achtzehnjährige oft zahlreicher vertreten sind als spätere Altersstufen und erstere oft auch genügender Vorbereitung ermangeln. Daß jedoch Kinder, die im täglichen Leben mehr kleinere Verletzungen davon trugen als andere, auch im späteren Alter mehr eigentlichen Unfällen ausgesetzt sind, wie Marbe meint, ist vorläufig nicht erwiesen.

Zweifellos vermögen aber Eigenschaften, wie hastiges Wesen, Übereilung, Zerstreutheit, Fahrlässigkeit, Merkfähigkeitsstörungen, Stimmungen, persönliche Unfälle und Betriebsunfälle hervorzurufen. Da solche Eigenschaften sich auf Erregung bzw. Ermüdung zurückführen lassen, deren Intensität zu einem bestimmten Grade ererbter Erregbarkeit bzw. Ermüdbarkeit in Beziehung stehen kann, so ist eine endogene Veranlagung zu Unfällen, eine Unfallaffinität im Marbeschen Sinne keineswegs ausgeschlossen. Es ist auch möglich, daß erlittene Unfälle, je nach der Indi-

vidualität der Betroffenen (Kinder und Erwachsener), deren ererbte Erregbarkeit und Ermüdbarkeit noch steigern, wodurch sie zu weiteren Unfällen disponiert sein und ihnen trotz Vorsicht und Warnungen anheimfallen können. Es kann sogar eine drohende Gefahr einen derartigen Einfluß auf das Nervensystem ausüben, daß eine dauernde hochgradige Erregbarkeit mit neuroseartigen Erscheinungen zurückbleibt.[1] Berichtet doch Westphal, daß ein von ihm behandelter Lokomotivführer, durch dessen Geistesgegenwart und Entschlossenheit ein drohendes Eisenbahnunglück verhütet wurde, infolge der durch die plötzliche Gefahr hervorgerufenen Erregung unter den Erscheinungen einer Neurose erkrankte. Solche Vorkommnisse können gewiß auch eine Disposition zu Unfällen nach sich ziehen. Auch ist die Annahme noch verständlich, daß sensationelle Unfallberichte leicht erregbare Personen im Marbeschen Sinne gefährden. Wenn aber Marbe sogar Ahnungen und Erwartungen für den Eintritt von Unfällen verantwortlich macht, so begibt er sich damit in das Reich der Spekulation.

Die Entstehung von Massenunfällen in gewerblichen Betrieben durch plötzlich einsetzende, zur Panik führende Erregung ist zur Genüge bekannt. Zur Anführung von Beispielen aus meinem Erfahrungskreise fehlt es hier an Raum. Viele solcher Unfälle wären wohl unterblieben, wenn die Betriebsleiter in ihrer Erregung zur Führung der Massen nicht versagt hätten. Für die Entstehung von Unfällen in gewerblichen Betrieben aller Art durch Ermüdung bzw. Erregung ist zu bedenken, daß es einerseits diese hemmende und daher unfallvorbeugend, andererseits sie fördernde und daher unfallbegünstigend wirkende Faktoren gibt. Hemmend wirken in erster Linie Arbeitspausen. Von diesen hat man zweierlei Arten zu unterscheiden, solche, die der Arbeiter, besonders der Schwerarbeiter von sich aus macht, um während der Arbeit Energieverschwendung zu vermeiden, und solche, die von der Betriebsleitung angeordnet werden. Von letzteren sollten in Betrieben, die von $7.30—12^h$ und von 13 bis gegen 17^h arbeiten, vor- und nachmittags je zwei, eine von 30 Min. und eine von 15 Min. vorhanden sein. Die 15 Min.-Pause läßt sich vorteilhaft durch 3 Pausen von je 5 Min. ersetzen. — Viele höhere Schulen arbeiten erfolgreich mit Pausen von 5—15, sogar 20 Min. nach Kurzstunden von je 45 Min. (vgl. Hintzmann und Hellpach). Im Schulbetrieb muß schon deswegen eine größere Zahl von Pausen vorhanden sein, weil dadurch die geistige Umstellung erleichtert wird, wenn, wie in der Regel, verschiedene Lehrfächer aufeinander folgen (vgl. hierzu Weygandt, Graf 1). —

Für gewerbliche Betriebe hat sich herausgestellt, daß durch mehrere Pausen und Verkürzung des Arbeitstages die Produktion nicht geringer, sondern erhöht wird (vgl. Kent, Myers, Farmer und Bevington, Wyatt, Ogden, Vernon, Bredford). Über die Ausführung gewerblicher Arbeiten, bei denen die Leistung nicht vom Tempo einer Maschine, sondern von Handbewegungen der arbeitenden Person abhängt, haben Efimoff und Zibakowa in Moskau in der Weise Untersuchungen angestellt, daß sie ein und dieselbe Person die gleichen Verrichtungen sowohl bei Einschaltung von Pausen zu 5 Min. nach je 50 Min. Arbeitszeit als auch ohne solche Kurzpausen erledigen ließen.

[1] In Betracht kamen Anfertigung von Metallplatten unter der Stanze, Aufbohrung von Metallringen an der Bohrmaschine und Schneiden von Schraubengewinden an der Revolverbank.

Es ergab sich, daß bei dem Verfahren ohne Kurzpausen die Ermüdung unter Abnahme der Leistung bis zum Mittagessen anstieg und

während desselben einer leichten Erholung Platz machte, wodurch sich die Leistung in der ersten Nachmittagszeit etwas erhöhte. Im weiteren Verlauf des Nachmittags erfolgte wieder Anstieg der Ermüdung, wodurch die Leistung erheblich nachließ. An den durch Kurzpausen rationalisierten Arbeitstagen verringerte sich die Gesamtermüdung um 50%, womit ein Sinken der Unfallsgefahr verbunden ist. Die Leistung in den einzelnen Arbeitsperioden war annähernd die gleiche und die Tagesproduktion wuchs, obgleich die Arbeitszeit durch die Pausen verkürzt war.

Die Gesamtproduktion für Platten betrug am nicht rationalisierten Arbeitstag 3507 Stück, am rationalisierten Tag 3635 Stück.

Die Gesamtproduktion für Ringe betrug am nicht rationalisierten Arbeitstag 1854 Stück, am rationalisierten Tag 2295 Stück.

Die Gesamtproduktion für Schrauben betrug am nicht rationalisierten Arbeitstag 610 Stück, am rationalisierten Tag 661 Stück.

Das ungleiche Verhalten der Ermüdung will Efimoff (2, S. 52) durch Untersuchungen mittels der Ergograph-Blutdruck-Puls-Reaktions- und Bourdonmethode nachgewiesen haben. Einige seiner Kurven sind aber nicht einwandsfrei.

Ferner wirken hemmend in obigem Sinne Auslese der Arbeiter hinsichtlich ihrer Eignung, Körperkonstitution und ihres Alters für eine bestimmte Beschäftigung in den einzelnen Zweigen des Betriebes. Fördernd auf Ermüdung bzw. Erregung und dadurch unfallbegünstigend wirkt besonders einseitige Beanspruchung einzelner Muskelgruppen (statische Arbeit, vgl. Lindhard), sei es, daß diese für längere Zeit auszuführende, bestimmte Bewegungen, für gezwungene Kopf- und Rumpfhaltung oder anhaltendes Stehen bei der Arbeit benötigt werden. Als Ursache dieses befördernden Einflusses kommt lokales Haften von Ermüdungsstoffen in Betracht. Da für jede Tätigkeit von Muskeln Impulse zu diesen vom Gehirn aus entsendet werden, ist mit der körperlichen Ermüdung auch geistige Ermüdung verbunden. Ferner wirken fördernd im genannten Sinne Erschütterungen, die den Körper treffen, beschleunigtes Arbeitstempo, hohe Wärme und Feuchtigkeitsgrade der Luft in den Arbeitsräumen bzw. im Freien, mangelhafte Ventilation und Beleuchtung, das Getöse von Maschinen, sogenannte Überstunden (vgl. Kitson und Campbell) und Nachtarbeit, besonders wenn letztere sich mehrere Nächte hintereinander wiederholt. Dieses Verfahren wirkt direkt aufreibend, weil es dem an Stelle der Nachtruhe tretenden Tagesschlaf, zumal er oft ohne Ablegung der Kleider, an wenig wohnlicher Örtlichkeit statt im Eigenheim sowie in störender Umgebung zu erfolgen hat, an Tiefe fehlt und er daher nur geringe Erquickung gewährt. Zuletzt ist noch der Verantwortlichkeit für die Sicherheit von Menschenleben und Betriebsmaterial zu gedenken. Ein Fabrikarbeiter ist bei Ausübung seiner Tätigkeit eigentlich nur für seine eigene Sicherheit verantwortlich; gegenüber seinen Mitarbeitern und der Fabrikleitung tritt seine Verantwortlichkeit insofern zurück, als die durch einen von ihm veranlaßten Unfall entstehende Schädigung, in der Regel nur seine Person trifft, es sei denn, daß durch sekundäre Umstände, z. B. Explosionen, Feuerausbruch, andere Personen in Mitleidenschaft gezogen werden und Materialschaden hervorgerufen wird. Anders liegen die Verhältnisse für den Unfallstifter im Kraftwagen-, Schiffs-, Straßenbahn- und Eisenbahnverkehr. Die in diesen Betrieben angestellten Beamten sind nicht nur für ihre persönliche Sicherheit, sondern auch für die des reisenden Publikums, des Betriebsmaterials und des Frachtgutes verantwortlich. Nur bei Güterzügen fällt, wenn darin ausnahmsweise die Beförderung von Reisenden zugelassen wird, die Verantwortlichkeit für diese weg. Wenn beim Rangieren

von leeren Personenwagen oder Güterwagen, beim Laden oder Entladen der letzteren Unfälle vorkommen, ist der Unfallstifter außer für Material und Frachtgut auch nur für sich und die dabei beschäftigten Mitarbeiter verantwortlich, nicht dagegen für Personen, die unbefugterweise das Gelände betreten. Ohne hier im allgemeinen auf eine Statistik über Unfälle und Unglücke im Eisenbahnbetrieb einzugehen (vgl. Günther, von Stockert, Couvé, Kuhatschek) möge nur darauf hingewiesen werden, daß sich durch Abbau von Angestellten die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der im Dienst Gebliebenen zweifellos erhöhen. Daß damit eine Zunahme der zu Erregungen führenden Anlässe gegeben, eine Steigerung der Ermüdung verbunden sein und auf diese Weise die Betriebssicherheit gefährdet werden kann, liegt auf der Hand. Auch soll sich nach Kuhatschek (S. 891) aus dem Abbau die Zunahme von Erkrankungen des Personals erklären lassen, während die Beamten sie auf Überanstrengung im Dienst zurückführen (Kuhatschek S. 894).

Bloß (1, S. 157; 2, S. 353) gibt einen Fragebogen der Reichsbahndirektion Dresden, der als Ergänzung zu dienstlichen Untersuchungen über stattgehabte Unfälle von Eisenbahnangestellten dienen soll und vom

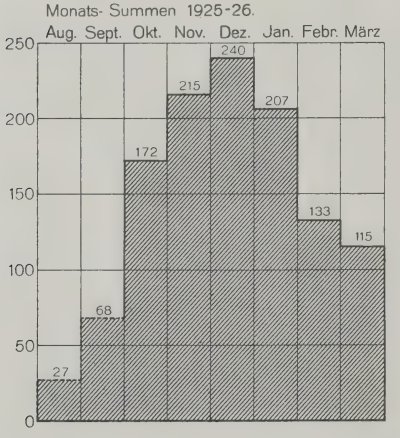


Fig. 33. Übersicht von 1177 Unfällen (n. Bloß).

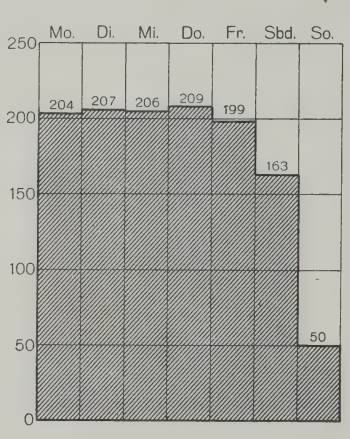


Fig. 34. Unfallhäufigkeit an den einzelnen Wochentagen (n. Bloß).

zuständigen Beamten auszufüllen ist. In diesem Bogen ist die Frage nach der „Schuld" absichtlich vermieden. Der betreffende Beamte hat ihn, ohne auf diese einzugehen, nach eigener Kenntnis der Sachlage sowie nach Anhörung von Zeugen mit Ja oder Nein zu beantworten und allenfalls nach eigenem Ermessen Erklärungen hinzuzufügen. Wo von Ablenkung und Hemmung die Rede ist, wäre noch der Zusatz „der Aufmerksamkeit" oder „der Wachsamkeit" angebracht gewesen.

Die einzelnen Punkte des Fragebogens sind folgende: A. Beschreibung des Unfalles: 1. Art des Unfalles; 2. Ort des Unfalles; 3. Kurze Beschreibung (des Unfalles); 4. Äußere Ursache des Unfalles; 5. Am Unfall sind beteiligt (Name[n], Dienstleitung); 6. Welche Stunde der Dienstschicht? B. Innere Ursachen des Unfalles: 7. Mangel an körperlicher Gewandtheit?; 8. Unkenntnis der Vorschriften oder besonderer Weisungen (welcher)?; 9. Mangel an Pflichtgefühl und Arbeitseifer (z. B. Drang zur Beendigung des Dienstes)?; 10. Mangel an Umsicht, Geistesgegenwart oder Nervenruhe?; 11. Mangel an Gedächtnis?; 12. Mangel an Fähigkeit, sich rasch auf den Dienst umzustellen (besonders bei Unfällen zu Beginn der Dienstschicht)?; 13. Ablenkung durch Sorgen und

Kummer?; 14. Ablenkung durch freudige Gemütserregung? (Das Wort „freudige" hätte wegbleiben können, da es auch ärgerliche gemütserregende Erlebnisse gibt); 15. Ablenkung durch Hast, Zeitgeiz?; 16. Ablenkung durch Ehrgeiz, Übereifer?; 17. Hemmungen durch Alkoholgenuß?; 18. Hemmungen durch Übermüdung, Überlastung?; 19. Hemmungen durch Alterserscheinungen?; 20. Hemmungen durch Erkrankung während des Dienstes?; 21. Hemmungen durch Nachwirkung von Kriegseinflüssen?; 22. Hemmungen durch Witterungseinflüsse?; 23. Schon bei anderen Unfällen beteiligt gewesen und bei welchen?; 24. Allgemeines Urteil über Leistungen und Verhalten. — Außer für die Eisenbahn paßt dieser Fragebogen natürlich auch für jeden anderen Betrieb.

Unter Benutzung dieses Fragebogens berichtet Bloß im Eisenbahndirektionsbezirk Dresden über die Ursachen kleinerer Betriebsschäden und Unfälle des Personals in der Zeit vom 1. April 1925 bis 1. April 1926. Da es den Angaben über die Untersuchungen in den ersten Monaten an Ausführlichkeit mangelte, kam nur die Zeit vom 1. August 1925 bis 1. April 1926 in Betracht. Während dieser Zeit wurden 1177 Unfälle zur Anzeige gebracht, über deren Verteilung auf die einzelnen Monate Fig. 33 Aufschluß gibt. Die Zahlen für August und September sind wahrscheinlich etwas zu niedrig. Es wurden daher für die Wochentage und Tagesstunden noch 61 Unfälle hinzugefügt. Die Untersuchung umfaßt somit 1238 Anzeigen. Darin sind 1163 Fälle von Sachschäden und Verletzungen enthalten. Der Zahlenunterschied ergibt sich daraus, daß verschiedentlich mehrere Personen an dem gleichen Unfall beteiligt waren. In der Fig. 34 sind die kleineren Ver-

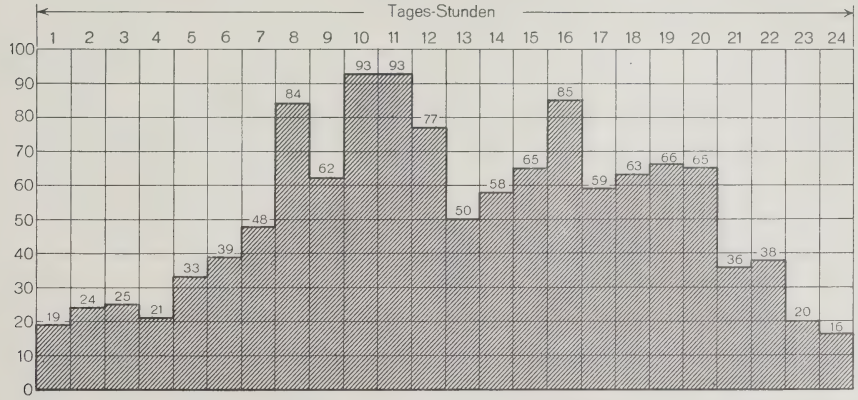


Fig. 35. Verteilung der Unfälle auf Tagesstunden (n. Bloß).

letzungen und Unfälle nach Tagen dargestellt. Sie sind Sonntags deswegen am seltensten, weil der Bahnunterhaltungs- und Ladedienst wegfallen und der Güterzugverkehr eingeschränkt ist. Schon an Samstagen bleibt die Unfallzahl hinter der an anderen Wochentagen wegen verminderter Arbeitszeit zurück. Bei der Darstellung nach Stunden fällt der größte Teil der Schäden in die Tageszeit, besonders zwischen 8 und 9^h sowie zwischen 10 und 11^h vormittags und zwischen 4 und 5^h nachmittags, wie Fig. 35 zeigt.

Diese Befunde von Bloß stimmen der Hauptsache nach mit denjenigen überein, die von Bogardus (S. 512) beim Eisenbahnbetrieb in Nordamerika angegeben werden. Hier möge der Hinweis auf 1873 Unfälle im Staate Illinois genügen.

Tabelle 30.

Accident-Hours (Illinois 1910).

Morning	Accidents	Afternoon	Accidents
7— 7^{59}	79	1—1^{59}	111
8— 8^{59}	150	2—2^{59}	156
9— 9^{59}	193	3—3^{59}	227
10—10^{59}	246	4—4^{59}	260
11—11^{59}	257	5—5^{59}	145
12—12^{59}	49		

Hinsichtlich der Unfallursachen hat die Auswertung dieser zu einer etwas anderen Fassung des Bloßschen Fragebogens geführt, in der Hauptursachen und begünstigende Einflüsse unterschieden werden. Als Hauptursachen, sofern sie in dem Schadenstifter oder dem Verletzten liegen, werden solche bezeichnet, die aus Willens- und rein geistigen Vorgängen, sowie aus körperlichem Verhalten entspringen. Ferner gehören dahin noch Unfallveranlassungen, die als natürliche Gefahr des Eisenbahndienstes und als Zufälligkeiten gebucht werden. Fig. 36 gibt die Hauptursachen und die Zahlen von durch sie hervorgerufenen 1101 Vorkommnissen. Begünstigende Einflüsse nach 575 Angaben sind in Fig. 37 dargestellt.

Nach der Bloßschen Auffassung soll die Ermüdung als Verletzungs- und Unfallursache nur die Rolle eines begünstigenden Einflusses spielen. Wie aus Fig. 37 ersichtlich, notiert er für sie nur 10 Fälle. Im Widerspruch zur Ansicht von Bloß steht aber, worauf er selbst hinweist (2, S. 357), die Äußerung von Betriebsbeamten, nach der körperliche Ermüdung und geistige Abspannung sich namentlich dann bemerklich machen, wenn

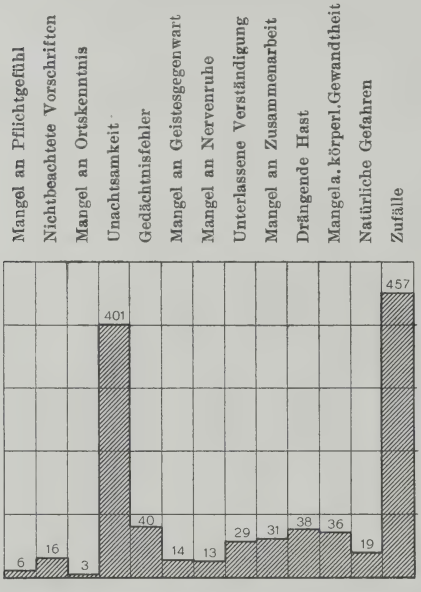


Fig. 36. Hauptursachen der Unfälle.

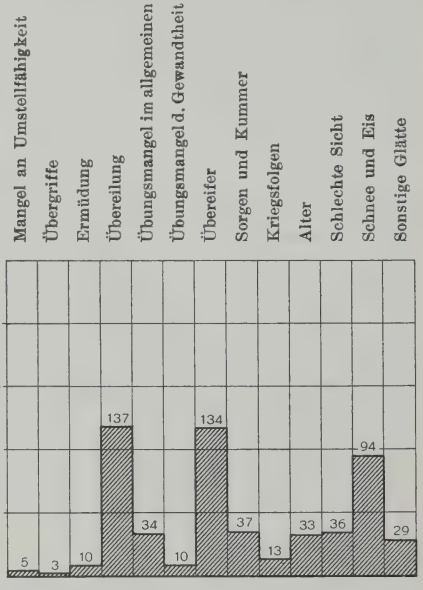


Fig. 37. Unfallbegünstigende Einflüsse.

z. B. zwei zusammenfallende Arbeitsschichten bis zu 12 Stunden zu kurze Pausen enthalten. Betrachtet man die Zusammenstellungen von Bloß etwas genauer, so bedürfen vom Standpunkte der Physiologie und Hygiene der Arbeit einige seiner Rubriken, nämlich Unachtsamkeit, Mangel an Nervenruhe, drängende Hast, Übereilung, Übereifer, einer eingehenderen Analyse.

Da körperliche Anstrengungen und geistige Beanspruchung aller Art Ermüdung verursachen und diese die Aufmerksamkeit beeinträchtigt, so steckt zweifellos in der Bloßschen Rubrik „Unachtsamkeit“ ein nicht unerheblicher Anteil Ermüdung, worauf manche der 401 Unfälle zurückzuführen sein dürften. Dazu kommen noch die 10 Unfälle, die Bloß selbst als Folge von Ermüdung betrachtet. Auch zur Entstehung mancher der in den Rubriken Gedächtnisfehler, Mangel an Geistesgegenwart, Mangel an körperlicher Gewandtheit angeführten Unfälle kann die Ermüdung beigetragen haben; denn ein müdes Gehirn vergißt leichter, verursacht

geringere Geistesgegenwart und besitzt geringeres Kontrollierungsvermögen für Muskelkoordination bei Bewegungen als ein ausgeruhtes Gehirn, und muskuläre Ermüdung beeinträchtigt die Beweglichkeit und Gewandtheit der Gliedmaßen.

Durch diese Beeinträchtigung muskulärer Funktionen und des persönlichen Arbeitstempos besonders im Fabrikbetriebe wird aber nicht, wie O. Lipmann (S. 52 [210]) meint, die Gelegenheit zum Unfalleintritt herabgesetzt, sondern besonders bei maschineller Arbeit gefördert. Denn da die Maschinen ihre Geschwindigkeit unverändert beibehalten, so ist der Arbeiter, dessen Bewegungen infolge von Ermüdung nachlassen, weniger in der Lage, gefährlichen Maschinenteilen und anderen Betriebsgefahren auszuweichen. Aber nicht nur die Funktion der Muskeln, sondern auch die der Sinnesorgane und bestimmter Nervenzentren werden durch Ermüdungssubstanzen beeinträchtigt. Die Gefahr eines Unfalles wird daher im Zustande der Ermüdung unterschätzt oder übersehen, wodurch sein Eintritt weniger leicht vermieden wird. Daß Ermüdung, die durch monotone Arbeit hervorgerufen wurde, durch abwechslungsreiche Arbeit vermindert oder gar beseitigt wird, ist, sofern der Wechsel an das Arbeitsvermögen die gleichen Anforderungen stellt, ausgeschlossen. Wohl aber kann der Wechsel Erregung auslösen, welche die Wirkung der Ermüdung zurückhält. Der Arbeiter braucht sich auch trotz Nachlassens seiner körperlichen und geistigen Verrichtungen nicht müde zu fühlen. Das Müdigkeitsgefühl läßt sich subjektiv und durch äußeren Antrieb unterdrücken, es kann auch durch Erregung verdeckt werden (vgl. Süpfle, S. 308), trotzdem bleiben aber wiederum die Ermüdungssubstanzen bestehen; denn diese lassen sich, wie Durig (S. 530) meint, nicht in der gedachten Weise wegschaffen; deswegen ist auch sein Hinweis auf die Marschmusik für ermüdete Truppen unzutreffend. Übrigens ist Lipmann gegenüber noch zu bemerken, daß Müdigkeit ohne Ermüdung eine physiologische Unmöglichkeit ist, wenn sich erstere als subjektives Merkmal geltend macht, ist letztere bereits in ein vorgerücktes Stadium getreten.

Wenn verschiedene Forscher (vgl. Vernon) gefunden haben, daß Unfälle im Verlaufe der Arbeit in Beziehung zur Produktionsgeschwindigkeit stehen, und zwar mit Steigerung der letzteren an Zahl zunehmen, so liegt dieser Erscheinung meistens Erregung zugrunde, denn diese ist in um so höherem Grade vorhanden, je schneller die Arbeitsleistung vonstatten geht. Sobald aber Ermüdung im Verlaufe der Arbeit und besonders gegen Schluß derselben einsetzt, erfolgt, wie Goldmark und Hopkins hervorheben, eine weitere Zunahme der Unfälle. Dabei braucht es sich keineswegs nur um körperliche Ermüdung zu handeln, sondern viele Unfälle werden infolge geistiger Ermüdung durch Erlahmung der Aufmerksamkeit hervorgerufen, auf deren Mangel Florence fast alle Unfälle zurückführt. Da sowohl körperliche als auch geistige Ermüdung eine große Rolle beim Taylorsystem (und ähnlichen Arbeitsbetrieben) spielen, über welche von verschiedenen Gesichtspunkten aus eine Fülle von Literatur vorliegt (vgl. Roesler, Söllheim, Döll, Lahy, Tramm, Wallichs, Taylorzeitschrift), so ist dieses vom arbeitshygienischen Standpunkte aus zu beanstanden und seine Anwendung und Ausbreitung nicht zu befürworten.

Immerhin wäre es interessant, im öffentlichen Verkehrswesen, besonders im Eisenbahnbetrieb, im Hinblick auf die zwischen Arbeitsausdehnung, Ermüdung und Unfall bestehende Korrelation, eine Enquete unter den Beamten über deren Müdigkeitsgefühl während des Dienstes und der Dienstbereitschaft anzustellen, ähnlich wie Levenstein

Tabelle 31.

Enquetentabelle über Ermüdung von Bergarbeitern (Kohlenhauern) bei normaler Arbeitsschicht. Lohnform: Das Gedinge (n. Levenstein).

Nach Stunden*)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Immer müde	Keine Ermüdung
Altersklasse 20—25	—	3	—	27	46	104	34	78	23	7	—	14
„ 25—30	4	27	—	9	128	46	181	56	5	—	63	48
„ 30—35	—	16	5	45	79	231	54	138	19	4	74	19
„ 35—40	11	5	—	104	154	14	9	16	—	—	41	—
„ 40—45	27	7	3	16	5	14	3	9	—	—	18	—
„ 45—50	9	—	4	2	4	3	—	—	—	—	20	—
	51	58	12	203	416	412	281	297	47	11	216	81

bei Berg-, Textil- und Metallarbeitern verfuhr (s. Tab. 31). Ein Vergleich zwischen den eingelaufenen Antworten und den Äußerungen der einzelnen Direktionsbezirke, für die sich ähnliche Fragebogen verwenden ließen, wie sie Eisner für Arbeitgeber in gewerblichen Betrieben benutzte, dürften zur Klärung der Ermüdungsfrage beitragen.

Bei manchen Unfällen der Bloßschen Rubriken, nämlich drängende Hast, Übereilung, Übereifer, dürfte Erregung als Ursache in Betracht

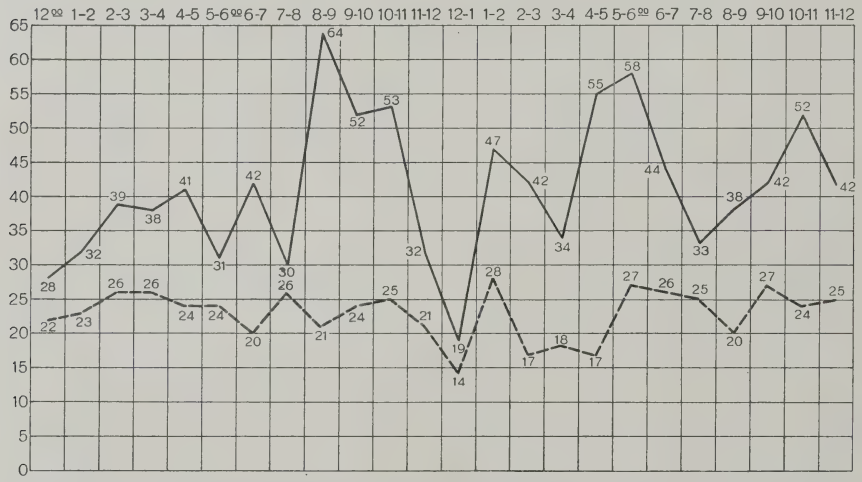


Fig. 38. Nach Tagesstunden ausgewertete persönliche 988 Unfälle (obere Kurve) und 550 Betriebsunfälle (untere Kurve) 1923/24 (n. E. Schmidt).

kommen. Wenn Unfälle gegen Ende der Tages- oder Wochenarbeit weniger häufig sind als zu anderen Zeiten, so hängt dies damit zusammen, daß einzelne Betriebe, wie schon erwähnt wurde, wegfallen oder Einschränkung erfahren. Bei Personen- und Schnellzügen ist die Unfallgefahr an allen Tagen gleich, an Sonntagen vielleicht noch gesteigert, weil der Verkehr an diesen oft besonders rege ist, mit Ausnahmen in einigen Ländern, in denen Sonntags überhaupt weniger Züge verkehren.

*) Die in den einzelnen Kolumnen unter den Stunden befindlichen Ziffern beziehen sich auf die Zahl der eingelaufenen Antworten.

Ein graphische, auf Stunden, Wochentage, Monate, Witterungsverhältnisse bezügliche Darstellung über Betriebs- und Personenunfälle im Bereiche des Münchener Bahnhofgeländes (Rangierdienst) findet sich bei Schmidt (1, S. 148ff.). Wie seine Stundenübersicht (s. Fig. 38) zeigt, ereignen sich die meisten Betriebsunfälle morgens zwischen 7 und 8, mittags zwischen 1 und 2, nachmittags zwischen 5 und 6, abends zwischen 9 und 10 und nachts zwischen 2 und 4^h, während die meisten persönlichen Unfälle morgens zwischen 8 und 11, nachmittags zwischen 1 und 2 sowie zwischen 4 und 6 und abends zwischen 10 und 11^h vorkommen.

In betreff der Auswertung der Vorkommnisse beim Rangieren (2, S. 363ff.) erhält man hinsichtlich der Schwierigkeit der Arbeit meines Erachtens keine genügende Auskunft über die Beschaffenheit und das Gewicht der abzufertigenden Wagen und über die Anordnung der Gleise. Wenn Schmidt angibt, daß die Unfallzahl sich mit verminderter Arbeitsmenge erhöht und mit erhöhter Arbeitsmenge erniedrigt, so legt er dieser „Arbeitsmenge" immer nur die Zahl der abgefertigten Wagen zugrunde. Wenige Wagen können aber sehr wohl unfallbegünstigend wirken, wenn durch ihre Belastung mit Gütern die Arbeit der Abfertigung erschwert wird und die Ermüdung wächst. Bei einer größeren Zahl von Wagen kann das Fehlen der Ladung die Arbeit erleichtern und weniger Ermüdung herbeiführen, wodurch der Unfallgefahr vorgebeugt wird. Auch ist es einleuchtend, daß z. B. wenige, mit allerhand Gestänge und mit herabhängenden Ketten versehene offene Güterwagen mehr Unfallgefahren darbieten, als viele geschlossene Wagen, an denen solche Monturen fehlen. Ferner ist zu bedenken, daß je nach Anlage und Zugänglichkeit der Gleise und der dazu gehörigen Weichen die Arbeit erschwert bzw. erleichtert wird. Wie es kommt, daß bei gleicher Arbeitsmenge Betriebs- und Personenunfälle öfters nicht die gleiche Tendenz zeigen, daß z. B. nach der graphischen Darstellung am Donnerstag bei minderer Arbeitsmenge erstere sich vermehren, letztere abnehmen, am Freitag bei erhöhter Arbeitsmenge erstere sich vermindern, letztere ihren höchsten Stand erreichen, bedurfte näherer Erläuterung.

Sehr deutlich ergibt sich aus den Schmidtschen Ausführungen die Tatsache, daß gewisse Witterungsverhältnisse Steigerung der Erregung bzw. der Ermüdung bewirken, wodurch der Eintritt von Unfällen begünstigt und ihre Zahl erhöht wird. So erschwert nach Schmidt (2, S. 365) z. B. Nebel die Sicht der anlaufenden Wagen und macht die Leute „nervös" (Unfälle an einem Tag 1,6). Die Schlüpfrigkeit der Gleise bei Regen erschwert die Abschätzung des Bremsweges für die in Bewegung befindlichen Wagen (Unfälle auf 1 Tag 1,8). Schneefall verlangsamt ihren Lauf und stellt an die Aufmerksamkeit der Arbeiter insofern erhöhte Anforderungen, als diese dauernd darauf zu achten haben, daß Aufstöße auf der Weichenstraße und an den Spitzen der Einlaufgleise vermieden werden (Unfälle auf 1 Tag 2,1). Schnee erschwert überdies das Verschieben der Wagen durch die Mannschaft um so mehr, je schwerer sie sind. Die dafür erforderliche Anstrengung wirkt natürlich stark ermüdend und dadurch unfallbefördernd. Gutes Wetter erleichtert zwar die Arbeit, macht das Personal aber leicht sorglos und unvorsichtig, wodurch dann wieder Unfälle entstehen können. — Wenn Schmidt seine vielseitigen und sehr lehrreichen Beobachtungen unter Bezugnahme auf Unfälle und diejenigen Eigenschaften, die das Personal besitzen muß, um jene zu vermeiden, zur Stütze des Marbeschen Gesetzes heranzieht, so ist dies durchaus berechtigt. Es darf aber nicht übersehen werden, daß die für die Arbeiter verlangten körperlichen und geistigen Eigenschaften durch Erregung und Ermüdung in hohem Maße beeinträchtigt werden können. Alle Beobachtungen über Beziehungen zwischen Unfällen und Eigenschaften der Arbeiter haben daher auf Erregung und Ermüdung derselben, aber nicht im Laboratorium vor der Einstellung in ihren Beruf, sondern vor und während der Ausführung der beruflichen Arbeit am Arbeitsort, Bezug zu nehmen.

Schmidt führt die niedrigere Zahl der abgefertigten Wagen und die hohen Unfallziffern am Montag auf die Ruhezeit am Samstagabend und Sonntag zurück. Diese hat doch den Zweck, Erholung vom Wochendienst zu bringen und arbeitsstärkend zu wirken! An Übungsverlust ist dabei wohl kaum zu denken. Übung (vgl. Simonson und Rießer), deren Wesen Oehrn unentschieden läßt, kann als eine in zerebralen Zentren und mit ihnen verbundenen Leitungsbahnen (vgl. Ziehen, S. 18, 25) entstandene Nachwirkung von Erregungen aufgefaßt werden, die zu assoziativen Vorgängen ohne oder mit muskulären Reaktionen führt, wodurch bestimmte Funktionen und Leistungen günstig beeinflußt werden. Die Erlangung von Übung (Übungsfähigkeit) und das Beibehalten derselben (Übungsfestigkeit) sind individuell verschieden, letztere wird aber für gewerbliche Arbeiten durch einige Ruhetage wohl kaum beeinträchtigt. Es liegt dagegen nahe als Ursache der Ereignisse am Wochenanfang Ermüdung infolge zu kurzer Schlafzeit und Indisposition nach sonntäglicher „Zerstreuung" anzunehmen.

Durch den Nachweis objektiver Ermüdungssymptome habe ich mehrfach festgestellt, daß in gewerblichen Betrieben beschäftigte Arbeiter sowie in Bureaus und in kaufmännischen Geschäften beschäftigte Angestellte, ja sogar in wissenschaftlichen Berufen tätige Beamte Montags oft noch ermüdet und indisponiert ihren Dienst antreten. Das mag auch im Eisenbahnwesen vorkommen. Allerdings handelte es sich bei meinen Beobachtungen meistens um jüngere, im Alter von 20—24 Jahren stehende ledige Personen, die für eigene Häuslichkeit und Familie nicht zu sorgen brauchten und daher wohl den sonntäglichen Zerstreuungen besonders zugetan waren. Wenn bei derartigem Mißbrauch der Sonntagsruhe in Betrieben, in denen mit Unfällen zu rechnen ist, solche am Montag sich häufen, so ist dafür selbstverständlich nicht die Betriebsführung, sondern lediglich das sonntägliche Verhalten der Angestellten verantwortlich zu machen. Des weiteren habe ich aber auch beobachtet, daß in gewerblichen Betrieben — der seinerzeit berüchtigte Bäckereibetrieb (Carozzi) war nicht darunter — beschäftigte jüngere ledige und ältere verheiratete Arbeiter, die vor der gesetzlichen Regelung zu zehn- und mehrstündiger Arbeit herangezogen wurden und von denen manche heute noch, um ihr Einkommen zu erhöhen, nicht selten freiwillig Überstundenarbeit leisten, nicht nach vorausgegangenem Ruhetag, sondern zu anderen Zeiten ermüdet ihre Beschäftigung aufnahmen und sich im Verlaufe derselben nicht etwa erholten, sondern Zeichen zunehmender Ermüdung darboten. Wenn derartiges im Eisenbahnbetrieb vorkommt und sich bei solcher Belastung dann Unfälle oder Katastrophen ereignen, trifft die Schuld das System. Diese Ansicht vertritt unter anderen auch Bogardus (S. 525ff.) in seinen Ausführungen über amerikanische Eisenbahnunglücke, bei denen die Unglücksstifter, wie die mit Freisprechung derselben endenden Gerichtsverhandlungen ergaben, durch Ermüdung infolge zu langer dienstlicher Beanspruchung unfähig waren, ihr Bestes zu leisten (vgl. Byers). —

Ich habe in der Zeitschrift „Die Hygiene" und im Internationalen Archiv über ästhesiometrische Untersuchungen an Eisenbahnbeamten berichtet. Die insbesondere bei Lokomotivführern während des Dienstes und unmittelbar nach demselben gefundenen Schwellen, die wesentlich größer waren als die vor dem Dienst und an Ruhetagen, sind zweifellos der Ermüdung zuzuschreiben. Ich habe auf die Möglichkeit hingewiesen, daß infolge gesteigerter Ermüdung eines Lokomotivführers die Funktion derjenigen Organe, die Sitz der Eigenschaften sind, deren er im Dienst uneingeschränkt bedarf, beeinträchtigt wird, wodurch ein Unglück herbeigeführt werden kann, für das er in solchem Falle nicht verantwortlich zu machen ist. Dasselbe trifft auch für Bedienstete im Signalwesen zu (vgl. meine Diskussionsbemerkungen auf der Tagung der Deutschen Gesell-

schaft für Gewerbehygiene; Verhandlungsheft 7, Berlin, Springer, 1927, S. 86).

Ich möchte nur noch auf einige Erscheinungen hinweisen, die besonders bei Lokomotivführern im Dienst infolge von Ermüdung auftreten und zu unverschuldetem Unglück führen können. Wenn der zur Einstellung des Auges dienende motorische Apparat ermüdet, wird das Abschätzungsvermögen für Entfernungen geschwächt. Durch Ermüdung der Netzhautrezeptoren kann es zu Farbensehen kommen (vgl. auch Bolt, S. 131), wodurch die Erkennung von Signallichtern beeinträchtigt wird. Dies ist um so bedenklicher, weil das Licht der Signallaterne infolge von Höhenunterschieden ihrer Flammen und verschiedener Lichtdurchlässigkeit des Glases verschieden hell sein kann und weil weiter entferntes helleres Licht dem Auge näher erscheint als nahe gelegenes schwächeres Licht. Bekanntlich erscheint beim Fixieren von Rot ein grünes Nachbild, dieses kann durch Ermüdung der Netzhaut an Intensität und Dauer gewinnen und das Grünsignal vortäuschen. Daß bestimmte Farblichter nicht verschiedene Bedeutung haben dürfen, ist selbstverständlich. Auch kann es nicht überraschen, daß Beamte im Zustande der Ermüdung falsche Anordnungen zur Auslage oder Einziehung von Signalen treffen.

Natürlich kann auch durch irgendeinen Zufall die Einrichtung von Signalen versagen. Welcher Art die Ursachen einer Katastrophe sind, läßt sich nach derselben nicht immer feststellen, wie z. B. die Gerichtsverhandlungen über das Münchener Unglück am Pfingstmontag 1926 lehren, die glücklicherweise zu einem Verschulden von Personal nicht geführt haben (vgl. „Voraus“ 1927, S. 115, 128, 236, 318, 346).

Ebenso wie man vom Standpunkte der Hygiene eine dem Alter der Schüler entsprechende Bemessung der Lehrziele, des Stundenplanes und der Zeit für häusliche Schularbeiten verlangen muß, um Überbürdung der Jugend zu vermeiden, ist in gewerblichen Betrieben für die Wohlfahrt der Arbeiter eine Nichtüberschreitung des Achtstundentages zu fordern. Bei der Eisenbahn kommt aber außer der Gesundheit der Bediensteten noch die Sicherheit des reisenden Publikums in Betracht. Deswegen muß die Verwaltung darauf bedacht sein, namentlich von den im Fahr- und Signaldienst beschäftigten Beamten Aufreibung im Dienst durch Erregung und Ermüdung fernzuhalten, um Katastrophen vorzubeugen. Besonders muß der Nachtdienst so geregelt sein, daß der Beamte nie zwei oder mehr Nächte hintereinander beansprucht wird. Fehlender oder nicht ausreichender Nachtschlaf bewirkt vorzeitige Ermüdung und Schläfrigkeit am Tage. Tagschlaf bei Nachtdienst wird durch Lärm, Helligkeit, mangelhafte Räumlichkeit oft gestört (vgl. Koelsch). Um Überanstrengung im Dienst nicht aufkommen zu lassen, müssen natürlich geschulte Arbeitskräfte in genügender Zahl vorhanden sein.

Überstunden sind stets vom Übel. In Betrieben, die eine Unterbrechung nicht gestatten, werden Arbeiter oft zu solchen herangezogen (vgl. E. Keller, S. 34ff.). Dies ließe sich in vielen Fällen vermeiden, wenn genügend geschulte Arbeitskräfte zur Stelle wären. Freiwillig in gewissen Betrieben übernommene Überstunden sollten nicht geduldet werden. Die in solchen Betrieben beschäftigten Arbeiter müßten natürlich pekuniär so gestellt sein, daß sie hinsichtlich ihres Verdienstes auf Überstunden nicht angewiesen sind. Vom hygienischen Standpunkte ist unbedingt zu verlangen, daß Arbeits- und Ruhezeit so bemessen werden, daß Verbrauch und Ersatz körperlicher und geistiger Energie im richtigen Verhältnis stehen, damit Unfälle und eine vorzeitige Abnutzung der Arbeitsfähigkeit vermieden werden (vgl. auch E. Keller). Es kann nicht oft genug darauf hingewiesen werden, daß, je stärker die Ermüdung, eine um so längere Zeit für Erholung erforderlich ist. Letztere tritt, wie Fröhlich (S. 162), besonders auch

im Hinblick auf den Schulbetrieb, betont, bei unzureichend gewährter Zeit nur unvollständig ein. Arbeitern muß so viel Zeit für Ruhe und Schlaf bleiben, daß die im Laufe einer Arbeitsschicht verbrauchten Kräfte bis zum Beginn der nächsten Schicht völlig ersetzt sind. Leider wird die Arbeitszeit nach Ausweis vieler Untersuchungen häufig überschritten. Daraus erklärt es sich auch, daß die Produktion in der zweiten Wochenhälfte hinter der in der ersten Wochenhälfte nicht selten zurückbleibt (O. Lipmann, 4). Daraus erklärt es sich ferner, daß Ermüdungsreste zurückbleiben, wodurch sich die Ermüdung von Tag zu Tag, von Woche zu Woche steigert (Schuyten, H. Griesbach, O. Lipmann [4]).

Wenn es nach unseren heutigen Kenntnissen als wahrscheinlich betrachtet werden kann, daß der Zustand, den wir Ermüdung nennen, das Ergebnis stofflicher Veränderungen mit verzögertem Ersatz von Verbrauchtem und mit Ansammlung bestimmter Substanzen in den Geweben ist, dann können alle Einflüsse, durch welche jene Veränderungen hervorgerufen werden, als Komponenten der Ermüdung und ihr Wegfall als Erholung gedeutet werden. Da wir wissen, welche Einflüsse als solche in Betracht kommen, so sind wir in der Lage, je nachdem wir sie zulassen oder fernhalten, den Eintritt oder das Ausbleiben von Ermüdung bzw. den Eintritt der Erholung zu konstatieren. Da wir die Einflüsse hinsichtlich ihrer Intensität und Dauer zu variieren vermögen, so läßt sich auch ermitteln, ob die Ermüdung zunimmt oder sich vermindert.

Falsch ist die von Spaeth aufgestellte Behauptung, es ließe sich nicht ermitteln, ob die Ermüdung „normal“ oder unnormal (bei Spaeth steht „cumulativ“) ist, d. h. mit anderen Worten, ob sie sich als harmlose, vorübergehende, physiologische Eigenschaft offenbart oder Dauerform annimmt, also chronisch wird. Als normal, als physiologische Eigenschaft kann sie nur dann betrachtet werden, wenn sie in Arbeitspausen sich vermindert, nach Arbeitsschluß ohne Rest weicht und nach der zu Gebote stehenden Ruhezeit, falls diese ausreicht und als solche verwendet wird, zu Beginn einer neuen Arbeitsschicht, einerlei ob bei Tage oder bei Nacht, nicht vorhanden ist. Verhält es sich anders, d. h. findet man Ermüdung dort, wo sie physiologisch nicht hingehört, dann ist sie „cumulativ“ und kann früher oder später — um mit Spaeth zu reden — zu „overexhaustion, breakdown, industrial psychoneurosis, industrial hazards“ führen. Es ist hier nicht der Ort, auf pathologische Erscheinungen einzugehen, in die Erregungszustände ausarten und die durch körperliche oder geistige Ermüdung unter Herabsetzung der Widerstandsfähigkeit des Organismus ausgelöst werden können (vgl. J. Löwy).

Daß die Ermüdung sich trotz ihres Vorhandenseins des Nachweises entziehen kann, beruht darauf, daß Erregung sie zu verdecken vermag. Auch ist es nicht unmöglich, daß unter dem Einfluß der dieser zugründe liegenden ionalen Veränderungen bestimmte durch Plasmaaktivierung und Zellsekretion auftretende Stoffe sich an der Verdeckung der Ermüdung oder Beseitigung von Ponogenen beteiligen. Vielleicht hängt auch mit derartigen Vorgängen die merkwürdige Erscheinung zusammen, daß gut trainierte Sportsleute bei starken Anstrengungen den Zustand von Atemnot und anderen Unbehaglichkeiten, den sogenannten toten Punkt, überwinden und ihren „second wind“ finden. — Obwohl im allgemeinen die Leistungsfähigkeit mit Eintritt von Ermüdung sinkt, kann sie sich eine Zeitlang noch auf gleicher Höhe halten, ja sogar zunehmen, wenn die Arbeitsfähigkeit durch Ermüdung bereits gesunken ist. Dies erklärt sich,

wie bereits bei Besprechung der Kraepelinschen Rechenmethode erwähnt wurde, aus dem Einfluß von Ehrgeiz, Willensspannung und Übung (vgl. Prandtl).

Es ist daher Vorsicht geboten, wenn, wie es oft geschieht, aus zunehmender Leistung auf das Fehlen von Ermüdung geschlossen wird. Jedenfalls wäre bei diesem Verfahren nicht nur der Betrag, sondern auch die Güte der Leistung zu berücksichtigen.

In dem Nachweis der Ermüdung liegt ebensowenig ein Maß, wie in der qualitativen chemischen Analyse eines Stoffes.

Von der Ermüdung wissen wir nur, daß sie auf verschiedene Prüfungsmethoden anspricht und daher, je nachdem sie in höherem oder geringerem Grade vorhanden ist, einem mehr oder weniger deutlichen Nachweis zugänglich ist. Quantitativ können wir sie deswegen nicht meistern, weil wir keine genaue Kenntnis von manchen Produkten der molekularen Veränderungen besitzen, deren Ergebnis sie sein soll, geschweige denn diese zu messen vermögen und weil wir von den ursächlichen Momenten dieser Veränderungen höchstens die aus der Außenwelt stammenden, nicht aber die propriozeptiven somatischen und psychischen zu erfassen vermögen. Was von der Ermüdung gilt, ist ceteris paribus auch für die Erregung zutreffend.

G. Eignungsprüfungen und Berufsberatung.

Mit der physiologischen und hygienischen Regelung der Arbeit, mit der Ermüdungs- und Unfallvorbeugung im Zusammenhange steht die Frage, ob der einer bestimmten manuellen und maschinellen Arbeitsart in Gewerbe, Industrie und Verkehr sich zuwendende Anwärter für die in Aussicht genommene Tätigkeit geeignet ist. Um diese Frage zu entscheiden, hat man Eignungsprüfungen und Berufsberatungen vorgeschlagen und vielerorts eingeführt (vgl. Dietrich, Heydt, Sachs, Schackwitz). Diese haben für Lehrlinge bereits bei der Schulentlassung, für ältere Personen bei Meldung zur Anwärterschaft stattzufinden. Dabei handelt es sich um die Untersuchung der allgemeinen Konstitution des Körpers (vgl. Koelsch) und die Beschaffenheit besonders derjenigen Organe, deren Gebrauch für den gewählten Beruf hauptsächlich in Betracht kommen. Diese Untersuchung bei der Schulentlassung ist nicht vom Schularzt, sondern vom Gewerbearzt vorzunehmen, weil man bei diesem wohl voraussetzen darf, daß er mit den Einrichtungen der Betriebe und den Anforderungen, welche dieselben an die Körperkraft des einzelnen stellen, besser vertraut ist, als der Schularzt. Auch für ältere Anwärter ist der Gewerbearzt zuständig. Bei der Untersuchung sind Erregbarkeit und Ermüdbarkeit in Betracht zu ziehen, ferner ist zu berücksichtigen, daß ein schwächlicher Mensch früher und stärker ermüdet und sich weniger leicht erholt als ein robuster Mensch.

Bei der Entscheidung über die Berufsfrage ist hinsichtlich der Ermüdung und Unfallgefährdung durch dieselbe mit höchster Arbeitsbelastung und maximaler Arbeitszeit zu rechnen. Der Widerstand gegen Ermüdung kommt nicht nur in industriellen Betrieben, sondern besonders auch in Verkehrsberufen, z. B. bei Lokomotivführern und Beamten im Signalwesen (Couvé), Straßenbahnführern, Seeoffizieren, Flugzeugführern (vgl. Anderson, Betnay, Selz) in Betracht. Für solche und ähnliche verantwortliche Berufe sind harmonisches Ineinandergreifen geistiger und körperlicher Kom-

petenzen und namentlich der Besitz gewisser Spezialfähigkeiten: Geistesgegenwart, Unerschrockenheit, Entschlossenheit, Widerstand gegen erregende und ermüdende Momente unbedingt erforderlich (vgl. Selz, s. auch Martens, Strack).

Bei diesem zweifellos berechtigten, und nützlichen ärztlichen, in vortrefflicher Weise von Lauber ausgearbeiteten Untersuchungsverfahren, durch das auch Arbeitgebern, Krankenkassen und Versicherungsgesellschaften gedient sein dürfte, handelt es sich gewissermaßen um eine negative Auslese von Anwärtern, d. h. um einen Hinweis auf diejenigen Berufe, für welche sie in Anbetracht ihrer Körperbeschaffenheit nicht geeignet sind. Damit können natürlich Vorschläge für andere Berufe verbunden werden, falls den Anwärtern solche Vorschläge erwünscht sind. (Vgl. oben S. 67f. im Abschnitt Korff-Petersen und Liese, Gewerbehygienische Untersuchungsmethoden.) Außer der ärztlichen Eignungsprüfung gibt es noch eine von Münsterberg begründete, psychologische oder psychotechnische, wie sie meistens genannt wird (vgl. Giese, Moede, Lipmann). Diese bezweckt die Eignung für einen bestimmten Beruf festzustellen, also eine mehr positive Auslese, eine Berufsberatung, vorzunehmen.

Sie sucht zu ermitteln, ob die für die Ausübung eines bestimmten Berufes erforderlichen Eigenschaften vorhanden sind und sich gegenseitig unterstützen. Sie untersucht besonders die Aufmerksamkeit, deren Verteilungsfähigkeit und Beständigkeit, ferner das Gedächtnis, die Abstraktions- und Assoziationsgeschwindigkeit, die Geschicklichkeit, die Fähigkeit der Entfernungsschätzung und der richtigen Beurteilung des Erfolges von Bewegungen. Dabei bedient man sich nicht selten komplizierter Methoden und dehnt die Prüfung auch auf die Funktion der Sinnesorgane aus (vgl. Giese).

Als Beispiel führe ich einen Fragebogen an, den Bues zur Beurteilung der Berufseignung für Schüler aufgestellt hat.

Berufsgruppe: .....

Vor- und Zuname. Geburtsdatum und Ort. Wohnsitz.
Zuletzt besuchte Schule und Klasse. Stand des Vaters.
Häusliche Verhältnisse. Zahl der Geschwister. Urteil über:

1. Sittliche Eigenschaften. Ist der Schüler ehrlich, wahrheitsliebend, verschwiegen, fleißig und ausdauernd, ehrliebend, ehrgeizig, ohne Ehrgefühl, gefällig und hilfsbereit, verträglich, pünktlich, sauber, zeigt er auffällige Charaktereigenschaften?
2. Geistige Fähigkeiten. Denkt der Schüler logisch, schnell und selbständig, schildert er seine Gedanken klar und anschaulich, hat er ein gutes, umfangreiches, schlagfertiges Gedächtnis, ist er aufmerksam, zeigt er Organisationstalent, besitzt er besonders auffällige Fähigkeiten bzw. Unfähigkeiten?
3. Gefühls- und Gemütsleben. Ist der Schüler lebhaft oder still, erregbar oder gelassen, nervös, zeigt er Teilnahme an der Umwelt oder ist er in sich gekehrt, ist er beständig oder launenhaft, ist er besonderen Stimmungen unterworfen, ist er gefühlswarm, gefühllos, empfindlich oder gleichgültig, besitzt er Geistesgegenwart und Entschlossenheit, zeigt er auffallende Gefühlsäußerungen?
4. Leistungen. Zeigt der Schüler auf bestimmten Gebieten besonders gute oder schlechte Leistungen, zeigt er zeichnerische Befähigung, Farben- und Formensinn, besondere Neigungen?
5. Körperliche Eigenschaften. Hat der Schüler normale Körperbeschaffenheit oder körperliche Gebrechen?
6. Berufseignung. Hält die Schule den Zögling für den von ihm gewählten Beruf geeignet, wenn nicht, für welchen anderen Beruf?
7. Bemerkungen des Schularztes. Liegen ärztliche Bedenken gegen den gewählten Beruf vor, und zwar betreffs Sehvermögen, Gehör, besondere krankhafte Veranlagungen.

Fragebogen, die mit Selbstäußerungen von Schülern ausgefüllt sind, finden sich bei E. Stern; Fragebogen, besonders für die Auslese von Begabten gibt W. Moede:

Frage- und Beobachtungsbogen in der praktischen Psychologie; Prakt. Psychol. 1923, 4. Jahrg., S. 148ff.

Nicht nur zur Lehrlingsprüfung, sondern auch zur Gesellen- und Meisterprüfung und bei der Einstellung von Beamten hat man das oft überschätzte psychotechnische Verfahren herangezogen. Daß durch dasselbe das Selbstbestimmungsrecht des Menschen beeinträchtigt wird, und daß psychotechnische Laboratoriumsversuche nicht zur Erfassung der Individualität, zur Einschätzung der Persönlichkeit und zur Prüfung auf Zuverlässigkeit, Gewissenhaftigkeit und Ausdauer in der Praxis dienen können, liegt auf der Hand. Auch ist erwiesen, daß, wie Franke berichtet, viele, die bei der Eignungsprüfung am besten abschnitten, in der Praxis völlig versagten, andere, die in der Prüfung als unbrauchbar befunden wurden, ihren als brauchbar eingeschätzten Kameraden voraus waren.

Franke berichtet ferner, daß viele amerikanische Fabriken, die längere Zeit mit psychotechnischem Verfahren arbeiteten, dasselbe als unangebracht wieder abgeschafft haben. In einzelnen Fällen mag das Ergebnis des Verfahrens mit dem der Handlungen des Geprüften in der Praxis übereinstimmen, aber ein Erkennen auf psychischer Veranlagung beruhender Eigenschaften wird sich in den meisten Fällen nicht ermöglichen lassen. Der diagnostische sowie besonders auch der voraussagende Wert sogenannter psychotechnischer Prüfungen ist schon deswegen problematisch, da die Leistungen der Prüflinge durch allerlei Umstände, z. B. Befangenheit, Schwankung des Interesses, Ablenkung der Aufmerksamkeit, Beeinflussung seitens des Prüfenden und nicht zum wenigsten durch die beim Prüfen auftretende Erregung bzw. Ermüdung beeinträchtigt werden können, woraus sich für die Beurteilung der Fähigkeiten kein richtiges Bild ergibt. Mehrere, zu verschiedenen Zeiten abgehaltene Prüfungen können zu sehr verschiedenen Ergebnissen führen, die teils von der Unbeständigkeit des Prüflings, teils von den angewandten Prüfungsmitteln, teils von dem Verhalten des Prüfenden abhängen (vgl. Karbach). Daraus ergibt sich, daß selbst der Durchschnitt der aus mehreren Prüfungen gefolgerten Ergebnisse trügerisch sein kann. Söllheim betrachtet die Prüfung daher höchstens als gelegentlichen Notbehelf. Gewiß werden auch Eigenschaften, z. B. im Bereiche der Sinnesorgane, bei der Prüfung in Betracht kommen, die der mit derselben betraute Psychologe hinsichtlich ihrer Ursachen und Folgen nicht zu beurteilen vermag. Dieser ist demnach nicht, wie man oft hört, der einzig „Fähige" für Eignungsprüfungen und Berufsberatungen.

Johannes Müller sagte einmal: Nemo psychologus, nisi physiologus, und man kann hinzufügen nisi medicus. Was die Durchführung für Berufsanwärter etwa erforderlich werdender Prüfungen betrifft, kann man wohl G. Lehmann beipflichten, der sein Urteil mit folgenden Worten (S. 340) zusammenfaßt:

„Aus naheliegenden Gründen erscheint es unzweckmäßig, die physiologischen und psychologischen Prüfungen von zwei verschiedenen Persönlichkeiten vornehmen zu lassen." Lehmann erhebt die Forderung, „die Prüfungen, die heute vielfach von Psychologen oder auch von psychologisch vorgebildeten Lehrern und ähnlichen Persönlichkeiten ausgeführt werden, in die Hände eines Arztes zu legen. Der Arzt allein, der natürlich neben der physiologischen auch über eine entsprechende psychologische Spezialausbildung verfügen muß, ist dank dem Umstande, daß er in die Funktionen des menschlichen Körpers einen tieferen Einblick hat, als jeder andere, in

der Lage, den Wert oder auch Unwert einzelner Prüfungsverfahren im Spezialfalle zu erkennen und abzuwägen".

Ebenso ist mit Intelligenzprüfungen durch den Schularzt im Schulbetrieb zu verfahren, über die ich hier als Anhang einige Bemerkungen einfüge. Sie kommen allenfalls in Betracht bei der Aufnahme von Schulrekruten und bei der Beurteilung, ob das Kind in eine Normal- oder Hilfsschule einzustellen ist. Für andere Zwecke halte ich Intelligenzprüfungen in der Schule für überflüssig, da gute und gewissenhafte Pädagogen aus den mündlichen und schriftlichen Klassenleistungen beim Vorrücken von Klasse zu Klasse zur Genüge über die Intelligenz ihrer Schüler orientiert sind. Auch bei Intelligenzprüfungen unterscheidet man physiologische, genauer ausgedrückt, anthropologische und psychologische Methoden. Anthropologischer Art sind:

1. Prüfung der Physiognomie. Geweckter Blick und Gemütsausdruck spricht für Intelligenz.
2. Prüfung des Größenverhältnisses des Hirnschädels zum Gesichtsschädel. Gegen Intelligenz spricht bei normalen Gesichtsmaßen ein relativ kleiner Hirnschädel.
3. Prüfung von Länge, Breite und Umfang des Kopfes nach Beyerthal. Kleiner Kopfumfang deutet auf geringe Intelligenz. Großer Kopfumfang ist jedoch kein sicheres Zeichen höherer Intelligenz. Beyerthal hat seine Untersuchungen an Volksschulkindern bis zum 14. Lebensjahr ausgeführt.

Tabelle 32.

Er fand:

für Knaben von	7	Jahren	bei einem	Kopfumfang	unter	48	cm	geringe	Intelligenz
„ „ „	10	„	„	„	„	49,5	„	„	„
„ „ „	12—14	„	„	„	„	50,5	„	„	„
„ Mädchen „	7	„	„	„	„	47	„	„	„
„ „ „	10	„	„	„	„	48,5	„	„	„
„ „ „	12—14	„	„	„	„	49,5	„	„	„

Als Frühdiagnostikum der Minderbegabung von Kindern im schulpflichtigen Alter, die am Ende des 1. Jahres trotz regelmäßigen Schulbesuches und normaler häuslicher und gesundheitlicher Verhältnisse das Klassenziel nicht erreichten, gilt nach Beyerthal

für Knaben von 7 Jahren ein Horizontalumfang des Kopfes unter 50 cm
„ Mädchen „ 7 „ „ „ „ „ 49 „

Brabender hat auf meine Veranlassung die Beyerthalschen Untersuchungen an Schülern zwischen dem 9. und 20. Lebensjahr des Gymnasiums, des Realgymnasiums und der Oberrealschule in Gießen unter Zugrundelegung der Zeugnisnoten und der Beurteilung seitens der Lehrer nachgeprüft. Bis zum 15. Lebensjahr stimmten seine Beobachtungen mit jenen Beyerthals überein. Darüber hinaus stellten sich andere Verhältnisse ein.

Genaue Messungen des Kopfumfanges stoßen besonders im weiblichen Geschlecht wegen des üppigen Haarwuchses auf Schwierigkeiten. Röse hat daher aus Kopflänge und Kopfbreite den Index $\frac{\text{Breite}}{\text{Länge}} \times 100$ berechnet und gefunden, daß dieser um so größer ist, je höher die nach den Schulzeugnissen beurteilte Intelligenz ist. Röse hat auch Größe und Gewicht des Körpers von 2805 Dresdner Volksschulkindern gemessen, und will festgestellt haben, daß die Intelligenz mit Verminderung beider sinkt. Ähnliches fand Quirsfeld. Er gibt an, daß je kleiner die Körperlänge, desto geringer Auffassungsfähigkeit und Gedächtnis. Kinder mit einer Körperlänge von über 120 cm im ersten und über 130 cm im vierten Schuljahr haben ausnahmslos gute Auffassungsgabe und gutes Gedächtnis. Die Befunde der genannten Autoren sind Naccarati entgangen.

Daß Graziani, Schuyten und Friedmann auch Beziehungen zwischen Hautsensibilität (Raumschwelle) und Intelligenz fanden, wurde schon erwähnt. Mit der psychologischen Intelligenzprüfung haben sich unter anderen namentlich Binet und Simon, Spearman, W. Stern, Bobertag, Otis, Jaederholm, Meumann, Ziehen, Decroly und Degand, Chotzen, Saffioti, Terman, Phillips (2) befaßt. Eine große Reihe den verschiedenen Altersklassen entsprechender Tests werden benutzt zur Prüfung der Aufmerksamkeit, der Merkfähigkeit, Vorstellungsentwicklung, Assoziation, des Urteils usw. Villiger hat besondere Tests für die Ermittelung der Reife zur Aufnahme in die Schule aufgestellt und dieselben an 102 Knaben im Alter von 6—7 Jahren ausprobiert.

H. Einige Bemerkungen über Präparate, denen ermüdungsvorbeugende und leistungssteigernde Eigenschaften zugeschrieben werden.

Hierher gehören Thymuspräparate, Adrenalin, Schilddrüsenextrakt (Thyreoidin, vgl. Simonson) und das von Emden und seinen Mitarbeitern empfohlene, auf S. 359 genannte Recresal. Nachdem H. Müller und E. del Campo angegeben hatten, daß die Ermüdung der Skelettmuskeln durch Anwendung von Thymuspräparaten aufgehalten wird, stellte Thurner damit Versuche an narkotisierten Meerschweinchen an. Der freigelegte Gastroknemius wurde so lange gereizt, bis bei gleichbleibender Belastung ein mit der Sehne verbundener Hebel auf einem Kymographion eine deutliche Abnahme der Hubhöhen infolge von Ermüdung verzeichnete. Dann wurde Thymusextrakt intravenös injiziert und die Leistungsprüfung wiederholt. Es ergab sich als Bestätigung der Befunde von Müller und del Campo, daß dadurch eine Steigerung der Leistungsfähigkeit des Muskels eintrat. Für den praktischen Gebrauch bei der arbeitenden Bevölkerung ist ein Injektionsverfahren mit Thymuspräparaten, mit Adrenalin oder Schilddrüsenextrakt, durch die ebenfalls Leistungssteigerung beobachtet worden sein soll, natürlich unstatthaft. Nach meinen mittels der ästhesiometrischen und dynamometrischen Methode an Gießener und Marburger Fußballspielern, an Mitgliedern des Gießener Männer- und Jugendturnvereins und an Schwerarbeitern in der Maschinenfabrik und Gießerei von Heiligenstedt & Co. in Gießen ausgeführten Beobachtungen über Ermüdung mit und ohne Darreichung von Recresal hat sich ergeben, daß in diesem Phosphat, wenn man, wie auch Emden betont, vom individuellen Verhalten einzelner Personen absieht, ein Mittel vorliegt, mit Hilfe dessen es gelingt, wenigstens zeitweise die körperliche Leistung zu erhöhen und der körperlichen Ermüdung vorzubeugen. Auf eine Wiedergabe der umfangreichen Protokolle und Tabellen muß hier aus Raummangel verzichtet werden. Auch an Geistesarbeitern habe ich mit und ohne Recresal Versuche angestellt. In Betracht kamen 20 Gießener Primaner und 10 Angestellte der Mitteldeutschen Creditbank in Gießen. Aus diesen wurden, wie bei den körperlich Tätigen, zwei Gruppen gebildet. Die eine wurde ohne Verabreichung, die andere nach Verabreichung von Recresal geprüft. Für den Gruppenwechsel wurden zwei nicht aufeinanderfolgende, aber unter den gleichen Arbeitsbedingungen stehende Tage gewählt. Die Darreichung des Recresals geschah vor Beginn der Morgenprüfung. Die Prüfung erfolgte für die Primaner vor Beginn des Morgenunterrichtes um 8^h und nach Schluß desselben um 1^h, für die im Bureau beschäftigten Bankbeamten morgens 8^h, mittags 1^h, nach der Mittagspause um 3^h und nach Geschäftsschluß um 6^h.

Als Prüfungsmethoden dienten für die Primaner eine Multiplikationsaufgabe mit fünfzifferigem Multiplikand und dreizifferigem Multiplikator (3 Min.), Buchstabenstreichen (5 Min.) und das Reproduzieren von Figuren nach Form und Stellung (Expositionszeit 3 Min., Reproduktionszeit 5 Min.). Bei den Bankbeamten kamen für jede Prüfung Ästhesiometer, Dynamometer, eine Divisionsaufgabe mit zehnzifferigem Dividend und fünfzifferigem Divisor (2 Min.) und die Figurenmethode zur Verwendung (Expositions- und Reproduktionszeit wie angegeben). Für das Rechnen und Buchstabenstreichen wurden bei jeder Prüfung andere Ziffern und andere Buchstaben gewählt. Die in einem Holzrahmen zu vier Reihen angeordneten sechzehn

Figuren wurden für jede Prüfung gewechselt. — In Pulverform wurde das Recresal auch noch an sechs Philologinnen abgegeben, die, ihrer Aussage nach, sich besonders dann, wenn sie im Seminar stark beansprucht wurden, oft müde und abgespannt fühlten. Sie erhielten die Weisung, das Präparat 10 Tage lang in Zuckerwasser gelöst jeden zweiten Tag morgens nach dem Frühstück einzunehmen und abends kurze Aufzeichnungen zu machen, ob sie sich während der Zeit des Gebrauches frischer fühlten als sonst.

Auch für die Beobachtungen an Geistesarbeitern muß wegen Raummangels auf eine Wiedergabe der umfangreichen Protokolle verzichtet werden. Es möge daher genügen, an einem Beispiel den Gang der Untersuchungen an den Bankbeamten, wie er für jede Versuchsperson eingehalten wurde, nach Tab. 32 zu erläutern und die Ergebnisse aller Beobachtungen über die Wirkung des Recresals bei Geistesarbeitern kurz zusammenzufassen.

Tab. 33.

Prüfung eines Bankbeamten ohne und mit Verabreichung von Recresal.

	Ästhesiometerwert in mm		Dynamometerwert in kg		Divisionsaufgabe		Figurenprüfung						
	Jug. links	Jug. rechts	Hand links	Hand rechts	Zifferzahl des Quotienten	Rechenfehler	Form und Stellung richtig	Form richtig, Stellung falsch	Form falsch, Stellung richtig	Form und Stellung falsch	Ausgefallene Figuren	Absoluter Fehler einschl. Ausfall	Fehlerprozent
1. Tag ohne Recresal 8h	7	7	41	41	5	2	12	—	—	—	4	4	25
2. Tag mit Recresal 8h	7	7	29	29	5	0	8	—	—	—	8	8	50
1. Tag ohne Recresal 12 45	10,5	13,5	45	45	3	1	9	1	1	—	5	2	12
2. Tag mit Recresal 12 45	9,6	12,4	39	32	6	0	6	1	—	—	9	10	62
1. Tag ohne Recresal 2 45	9,5	10,8	29	42	6	0	8	2	1	—	5	8	50
2. Tag mit Recresal 2 45	9	9,5	38	38	5	0	7	—	1	—	8	9	56
1. Tag ohne Recresal 6h	9,5	13,5	35	45	6	0	9	1	—	—	6	7	44
2. Tag mit Recresal 6h	9	10,5	32	39	7	0	13	—	3	—	—	3	19

Aus vorstehender Tabelle ist ersichtlich, daß nach Verabreichung von Recresal bei der Prüfung um 12,45h die Raumschwellen etwas niedriger sind als am Tage, an dem es nicht gegeben wurde. Die Vermutung, daß es eventuell unter Verminderung geistiger Ermüdung auch muskulär wirke,

wird durch die kleineren Dynamometerwerte allerdings nicht bestätigt. Die Rechenleistung scheint qualitativ und quantitativ von Recresal günstig beeinflußt zu sein, da kein Fehler gemacht wurde und die Zifferzahl des Quotienten erhöht ist. Die Reproduktionsleistung ist trotz der Recresalverabreichung geringer. Nach der Mittagspause finden sich am Recresaltage etwas niedrigere Raumschwellen.

Der Handdruck ist linksseitig zwar erhöht, rechtsseitig aber etwas niedriger. Die Rechenleistung spricht mit etwas erhöhter Zifferzahl des Quotienten zugunsten des Präparates, die Reproduktionsleistung ist jedoch wieder geringer. Die Schlußprüfung ist, abgesehen von den Angaben des Dynamometers, entschieden zugunsten des Recresals ausgefallen. Ganz ähnliche Resultate erbrachten die ohne und mit Recresal durchgeführten Untersuchungen an den übrigen Bankbeamten. In einigen Fällen ließ sich eine günstige Wirkung des Recresals feststellen, in anderen Fällen jedoch nicht. Bei den Primanern waren die Prüfungsergebnisse mit und ohne Recresal fast stets dieselben. Von den sechs Damen haben zwei nach viermaligem Gebrauch des Präparates das Einnehmen desselben unterlassen, weil sie davon Diarrhöe bekamen. Die übrigen vier haben die Beobachtungen, wie vorgeschrieben, an sich gewissenhaft durchgeführt, aber keine Veränderung in ihrem Befinden gespürt. Ob einige Personen auf Recresal reagieren, stärker oder schwächer, andere überhaupt nicht, muß einstweilen dahingestellt bleiben. v. György meint, daß in Fällen, bei denen eine Leistungssteigerung durch Recresal beobachtet wird, nicht allein eine erhöhte Lactacidogensynthese, sondern auch eine allgemeine Atmungssteigerung der Zellen eintritt. Er kommt zu diesem Schluß auf Grund von Beobachtungen an Kalbsdarmzellen in Molke, bei denen er eine starke Abnahme der Sauerstoffzehrung feststellte, wenn Phosphate der Molke entzogen wurden, während bei Zusatz solcher wieder Anstieg eintrat.

Herxheimer (1) hat bei Gelegenheit der Ausbildung von Polizeibeamten zu Turn- und Sportlehrern während mehrerer Wochen mit und ohne Recresal Versuche unternommen. Bei den mit dem Präparat behandelten Leuten soll sich eine Zunahme des Körpergewichtes, eine Volumzunahme der Muskeln und ein Leistungszuwachs im Gewichtstoßen, bei Hantelübungen und beim 3000 m-Lauf gezeigt haben. Betreffs ihres subjektiven Befindens glaubten elf Personen an sich eine kräftigende Wirkung, ein gesteigertes Wohlbefinden und geringere Ermüdung im Dienst durch Recresal wahrgenommen zu haben. Andere elf Personen fanden an sich nach Anwendung des Präparates keine Veränderungen. Falls mit Verabreichung desselben eine günstige Wirkung verbunden ist, glaubt Herxheimer dieselbe darin erblicken zu dürfen, daß es eine Beschleunigung des Wiederaufbaues von gespaltenem Lactacidogen hervorruft. Angehörige der Reichswehr, denen Walinski Recresal verabreichte, erklärten ihm, daß sie sich nach Einnahme desselben frischer fühlten. Ihre körperlichen Leistungen entsprachen aber dieser Aussage nicht. Insbesondere standen sie anderen nach, denen Natriumcitrat gereicht worden war. Recresal, meint Walinski (S. 51), scheint demnach nur eine sehr vorübergehende, zum Teil vielleicht nur suggestive Wirkung auszuüben.

Keinenfalls sollte man aber nur nach Aussagen der Versuchspersonen und nach dem allgemeinen Eindrucke, den man von ihnen gewinnt, Schlüsse auf die praktische Verwertbarkeit des Präparates als ermüdungsvorbeugendes und leistungsförderndes Mittel bei körperlicher bzw. geistiger Tätigkeit ziehen, sondern stets objektiv auf Ermüdung prüfen.

Literaturverzeichnis.

Abderhalden, E., Abwehrfermente, 5. Aufl. Berlin, Springer 1922.
Abelsdorf, Die Unfallhäufigkeit in den gewerblichen Betrieben während der Nachtarbeit. Leipzig, F. C. W. Vogel 1910.
Abelson, A. R., Mental Fatigue and its meassurement by the aesthesiometer. Internat. Arch. f. Schulhyg. 1908, Bd. 5, S. 347.
Ders., The measurement of mental ability of backwards children. Brit. Journ. of psychol. 1911, Vol. 4, S. 268.
Adsersen, H., Eine ästhesiometrische Untersuchung. Bericht d. II. internat. Kongr. f. Schulhyg. 1904, Bd. 2, S. 328.
Ders., En Aarskurve. Bibliothek for Laeger, Nov. 1921, S. 708.
Alber, Ein Apparat zur Auslösung optischer Reize. Arch. f. Psychiatrie 1898, Bd. 30. S. 641.
Albrecht, C. E., Ergographische Studien über die Funktion der Handstrecker bei Arbeitern verschiedener Bleigefährdung. Zugleich ein Beitrag zur Frage der Vergleichungsmöglichkeit ergographischer Untersuchungen symmetrischer Muskelgruppen. Schriften aus dem Grenzgebiete der Gewerbehygiene 1928, Heft 19.
Alexander, s. meine S. 414 genannten Schriften.
Alrutz, Ein neues Algesimeter zum klinischen Gebrauch. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde 1908, Bd. 34, S. 478.
Ders., Untersuchungen über Temperatursinn. Skand. Arch. f. Physiol. 1897, Bd. 7, S. 321. Ztschr. f. Physiol. 1908, Bd. 47, S. 161, 241.
Alsberg, W., Untersuchungen über den Raum- und Temperatursinn bei verschiedenen Graden der Blutzufuhr. Dissert. Marburg 1863.
Altenburger, H., Der Einfluß der Ermüdung auf die Aktionsströme menschlicher Muskeln. Pflügers Arch. 1924, Bd. 202, S. 645. [Abnahme der Aktionsströme durch Ermüdung, besonders bei statischer Arbeit.]
Altschul, s. meine S. 414 genannten Schriften.
Amar, J., Signes respiratoires de la fatigue. Compt. rend. de l'Acad. des Sciences 1913, Bd. 157, S. 793.
Ders., Effets physiologiques du travail et degré de fatigue. Ib. S. 646.
Ders., Observations sur la fatigue professionelle. Journ. de Physiol. et pathol. générale 1914, Bd. 16, S. 178, 192. [Bei wenig anstrengender Arbeit geht die Pulsfrequenz der Muskelbetätigung proportional, bei sehr anstrengender Arbeit fehlt diese Proportionalität.]
Amberg, E., Über den Einfluß von Arbeitspausen auf die geistige Leistungsfähigkeit. Kraepelins Psychol. Arbeiten 1895, Bd. 1, S. 300.
Amsler, C., Über inverse Adrenalinwirkung. Pflügers Arch. 1920, Bd. 185, S. 86.
Anderson, Aeroplane accidents. Journ. of the Roy. naval medical service 1918, Bd. 4, 4, S 51.
Arnold, Felix, Attention and Interest. London, Macmillan 1910, S. 153.
Arnold, Max, Über die Abhängigkeit der Empfindungskreise von Alter und Geschlecht, besonders mit Rücksicht auf die Pubertät. Dissert. Zürich 1916.
Aschaffenburg, Die Associationen der Erschöpfung. Kraepelins psycholog. Arbeiten 1897, II, 1.
Ders., Das Verbrechen und seine Bekämpfung. 1. Aufl. Heidelberg, C. Winter 1902; 3. Aufl. Ib. 1913 und 1923, S. 242ff.
Aschner, Bernh., Die Funktion der Hypophyse. Pflüg. Arch. 1912, Bd. 146, S. 1.
Athanasiu, J., Ergographe à double bille. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 1908, Bd. 64, S. 79 u. Bd. 65, S. 691.
Atzler, E., Herbert u. Lehmann, G., Arbeitsphysiologische Studien mit dem Respirationsapparat. Biochem. Ztschr. 1923, Bd. 143, H. 1/2, S. 10.
Atzler, E. A., Über den Einfluß der Wasserstoffionen auf die Blutgefäße. D. m. W. 1923, Nr. 31, S. 1011.
Ders., Stoff- und Kraftwechsel, in dem von ihm herausg. Handbuch „Körper und Arbeit". Leipzig 1927, Thieme.
Ders., Physiologie der Ermüdung. Berichte zum Zentralblatt für Gewerbehygiene und Unfallverhütung. Berlin, Springer 1927, Beiheft 7, S. 3.
Aubel, H., Vergleichende Ermüdungsmessungen mit einer psychophysischen Methode der Augenmaßprüfung. Ztschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1922, Bd. 96, S. 317 u. Gießener Dissert.
Aubert und Kammler, Untersuchungen über den Druck- und Raumsinn der Haut. Moleschotts Untersuchungen z. Naturl. des Menschen und der Tiere 1858, Bd. 5, S. 141.
Auerbach, Siegm., Neurologische Untersuchungen an Radrennfahrern. Neurolog. Zentralbl. 1905, Jahrg. 24, S. 251.

Awramoff, D., Arbeit und Rhythmus. Philos. Stud. 1903, Bd. 18, S. 515.
Baade, Experimentelle und kritische Beiträge zur Frage nach den sekundären Wirkungen des Unterrichts. Dissert. Göttingen 1906.
Badaloni, C. G., La scrittura dritta e la scrittura inglese. Influenza della scrittura sulla funzione del respirio. Internat. Arch. f. Schulhyg. 1906, Bd. 2, S. 227.
Baldes, Heichelheim und Metzger, Untersuchungen über den Einfluß großer Körperanstrengungen auf Zirkulationsapparat und Nervensystem. Münch. m. W. 1906, S. 1866.
Barach und Marks, Blood pressures, their relations to each other and to physical efficiency. Archives of internat. Med. Chicago 1914, Bd. 13, S. 649.
Bauer, Jul., Untersuchungen über die Abschätzung von Gewichten unter physiolog. u. patholog. Verhältnissen. Ztschr. f. d. ges. Psychiatrie u. Neurol. 1911; 4 (3), S. 290. [Ein Beitrag zur Kenntnis der Rechts- und Linkshändigkeit.]
Ders., Der jetzige Stand der Lehre von der Ermüdung und deren Beseitigung. D. m. W. 1922, S. 868. [Die Ermüdung der Muskeln bei körperlicher Arbeit beruht auf einer Inkongruenz zwischen dissimilatorischen und assimilatorischen Stoffwechselprodukten im Zellprotoplasma. Der endokrine Apparat ist für die Ermüdung nicht ohne Belang. Die Weichardtsche Theorie ist nicht aufrechtzuhalten.]
Baur, A., Die Ermüdung im Spiegel des Auges. Langensalza 1910.
Baur, E., Über die Einrichtung des Muskelmotors. Hygienische und biologische Abhandlungen. Festschrift f. H. Griesbach, Gießen, Töpelmann, 1925, S. 15. [Dort auch Bezugnahme auf einschlägige Literatur.]
Bayerthal, J., Kopfgröße und Intelligenz im schulpflichtigen Alter. Ztschr. f. experimentelle Pädagogik, Bd. 10, S. 197.
Ders., Über Kopfgröße und Intelligenz im schulpflichtigen Alter. Verh. d. 11. Jahresversammlung d. D. Ver. f. Schulgesundheitspflege in Dresden 1911, S. 96.
Ders., Erblichkeit und Erziehung. Wiesbaden 1911.
Becker, F. C. u. Olsen, O., Metabolism during mental work. Skand. Arch. f. Physiol. 1914, Bd. 31, S. 81.
Bellei, G., La stanchezza mentale nei fanciulli delle publiche scuole. Bologna, Regia Typografia 1901.
Ders., Ulteriore contributo allo studio della fatica mentale nei fanciulli delle publiche scuole. Rivista di psicologia 1906, Anno II, Nr. 1.
Benedict, Francis G., Methoden zur Bestimmung des Gaswechsels bei Tieren und Menschen (aus dem Nutrition Laboratory d. Carnegie-Institution of Washington in Boston, Mass.). Dtsch. Übersetzung v. H. Paffrath. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden 1926, Abt. 4, Teil 10, H. 3, Lieferung 142, S. 415ff.
Benedict und Carpeter zit. bei Chlopin.
Bergström, John A., A new Type of Ergograph, with a Discussion of ergographic experimentation. American. Journ. of psychol. 1903, Bd. 14, S. 246.
Bernstein, Elektrobiologie. Braunschweig 1912.
Bernstein und Tschermak, Zur Frage der Präexistenztheorie oder Alterationstheorie des Muskelstromes. Pflügers Arch. 1904, Bd. 103, S. 67; 1906, Bd. 113, S. 605.
Bolton, s. meine S. 414 genannten Schriften.
Bethe, A., Allgem. Anatomie u. Physiologie des Nervensystems. Leipzig 1903. [Histologische Beobachtung über Stoffwanderung im Nerven mit Hilfe von Färbungsmethoden bei Anwendung des konstanten Stromes.]
Ders., Kapillarchemische (kapillarelektrische) Vorgänge als Grundlage einer allgemeinen Erregungstheorie. Pflügers Arch. 1916, Bd. 163, S. 147.
Bethge, W., Der Einfluß geistiger Arbeit auf den Körper unter besonderer Berücksichtigung der Ermüdungserscheinungen. Sammlung zwangsloser Abhandlungen aus dem Gebiete der Nerven- und Geisteskrankheiten. Halle, Marhold 1910.
Betnay, Untersuchungen über die psychische Eignung zum Flugdienst. Schriften z. Psychol. der Berufsberatung. Leipzig 1919/20.
Bettmann, Siegfr., Über Beeinflussung psychischer Vorgänge durch körperliche und geistige Arbeit. Psychol. Arbeiten, herausg. v. E. Kraepelin 1895, Bd. 1, S. 152.
Biedl, Innere Sekretion. Berlin und Wien, Urban & Schwarzenberg 1916.
Biervliet, J. J. van, L'asymetrie sensorielle; Bull. de l'Acad. Roy. des sciences etc. de Belgique 1897, 3. Sér., Bd. 34, S. 326 u. L'homme droit et l'homme gauche. Revue philos. de la France et de l'Etranger 1899, Bd. 47, S. 116, 276, 371.
Billigheimer, Ernst, Vegetatives Nervensystem, in G. v. Bergmann u. Staehelin, Handb. d. inn. Med. 1926, Bd. 5, Teil 2, S. 1075. Berlin, Springer.
Binet, A., Attention et adaption. L'année psychol. 1899, 6. Jahrg., S. 372, 392, 396.
Ders., Recherches sur la fatigue intellectuelle scolaire etc. L'année psychol. 1905, Jahrg. 11, S. 11.

Binet, A., Un autre test de fatigue intellectuelle. L'année psychol. 1905, Bd. 11, S. 32.
Ders., Nouvelles recherches sur la mesure du niveau intellectuel. L'année psychol. 1911, Jahrg. 17, S. 145.
Ders., Die neuen Gedanken über das Schulkind. Deutsche Übersetzung von G. Anschütz u. W. T. Ruttmann. Leipzig, Wunderlich 1912.
Binet, A. und Simon, Th., Le developpement de l'intelligence chez les enfants. L'année psychol. 1908, Jahrg. 14, S. 1.
Binet und Vaschide, Un nouvel ergographe, dit, ergographe à ressort. L'année psychol. 1897, S. 303 u. 1898, S. 263.
Dies., Examen critique de l'ergographe de Mosso. L'année psychol. 1898, 4. Jahrg., S. 253.
Dies., La mesure de la force musculaire chez les jeunes garçons. L'année psychol. 1898, Jahrg. 4, S. 15 u. 173.
Dies., Influence du travail intellectuel, des émotions et du travail physique sur la pression du sang. Ib. 1897, Jahrg. 3, S. 127.
Binet und Courtier, I., Les effets du travail musculaire sur la circulation capillaire. Ib. S. 30, 47; s. auch Compt. rend. 1896, Bd. 123, S. 505.
Bischoff, E., Untersuchungen über Übungsfähigkeit und Ermüdbarkeit bei geistiger und körperlicher Arbeit. Arch. f. d. ges. Psychol. 1912, Bd. 22, 4.
Blix, Experimentelle Beiträge zur Lösung der Frage über die spezifische Energie der Hautsinnesnerven. Ztschr. f. Biol. 1884, Bd. 20, S. 121; 1885, Bd. 21, S. 145.
Block, R., Untersuchungen über die Brauchbarkeit des Ergographen. Pädag. psychol. Arb. des Leipziger Lehrervereins 1911, Bd. 2.
Bloß, Zur Psychologie des Eisenbahnunfalls. Industr. Psychotechnik 1925, 2. Jahrg., S. 156.
Ders., Zur Psychologie d. Eisenbahnunfalls. Industr. Psychotechnik 1926, 3. Jahrg., S. 353.
Blume, P., Ugeskr. f. laeger 1922, Nr. 85.
Bobertag, O., Über Intelligenzprüfungen. Ztschr. f. angew. Psychol. 1911, Bd. 5, S. 105; 1912, Bd. 6, S. 495.
Bogardus, Emory, S., The relation of fatigue to industrial accidents. The amer. Journ. of Sociol. 1911/12, Bd. 17, S. 206, 351, 512.
Bolt, R., Die Prüfung des Gesichtssinnes. Industr. Psychotechnik 1925, Bd. 2, S. 131.
Bolton, s. meine S. 414 genannten Schriften.
Bourdon, B., Observations comparatives sur la reconnaissance, la discrimination et l'association. Revue philos. 1895, Bd. 40, S. 153.
Bowditsch, H. P., Über die Eigentümlichkeiten der Reizbarkeit, welche die Muskelfasern des Herzens zeigen. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss., math.-naturw. Kl. 1871, 23, S. 652 mit 21 Fig. im Text.
Bowen, W., A study of the pulse rate in man, as modified by muskular work. Contributions to medical research Univ. of Michigan (Festschr. f. V. C. Vaughan 1904, S. 263, 266).
Brabender, A., Über Beziehungen zwischen Kopfumfang und Intelligenz bei Schülern höherer Lehranstalten. Med. Inaug.-Dissert. Gießen 1922.
Bredford, s. Wyatt.
Breitwieser, J. V., Attention and movement in reaction time. Arch. of Psychol. 1911, Bd. 18, S. 48.
Brezina, Ernst, Über eine neue Methode zur Diagnose der Ermüdung nach Muskelarbeit. Der Palmograph. Arch. f. Hyg. 1919, Bd. 89, S. 1.
Brieger, Ein hämatologischer Beitrag zur Ermüdungsfrage. Zentralbl. f. Gewerbehyg. und Unfallverhütung 1927, Beiheft 7, S. 73.
Broca, A. et Richet, Ch., Période réfractaire dans les centres nerveux. Compt. rend. de l'Acad. des Sc. Paris. 1897, Bd. 124, S. 96.
Dies., De la contraction musculaire anaérobique. Arch. de physiol. 1897 (5), Bd. 8, S. 829.
Bruce, C. S., Mount Everest 1922. Deutsche Ausgabe v. Rickmer-Rickmers. Basel 1924.
Brückner, Die Raumschwelle bei Simultanreizung. Ztschr. f. Psychol. 1901, Bd. 26, S. 33.
Buchanan, Florence, The electrical reponse of muscle in different kinds of persistent contraction. The Journ. of physiol. 1901/02, Bd. 27, S. 95, mit Taf. 2—9.
Bürgi, Der Milchsäuregehalt des Muskels bei langdauernder Tätigkeit unter physiologischen Bedingungen. Ztschr. f. Biol 1924, Bd. 81, S. 253.
Bürker, K., Über die Definition des Begriffes Reiz. Hygienische und biologische Abhandlungen. Festschrift für H. Griesbach. Gießen, Töpelmann 1925, S. 18.
Bues, Aufgaben, Organisation und Tätigkeit eines Berufsamtes. Prakt. Psychol. 1921/22, 3. Jahrg., S. 76.
Bulger, H. A. und Stiles, P. G., The comparative performances of muscles subjected to rhythmic and arhythmic stimulation. Amer. Journ. of Physiol. 1920, Bd. 51, S. 430. [Durch Versuche mit dem Ergograph wird gezeigt, daß schnell Ermüdung eintritt, wenn beim Heben des Gewichtes ein bestimmter Rhythmus eingehalten wird.]

Bum, A., Über periphere u. zentrale Ermüdung. Wien. med. Presse 1896, Nr. 48, S. 1497.
Burgerstein, L., Die Arbeitskurve einer Schulstunde. Ztschr. f. Schulgesundheitspflege 1891, Nr. 1 u. 10.
Burlage, Stanley Ross, The blood pressure and heartrate in girls during adolescence. The Amer. Journ. of Physiol. 1923, Bd. 64, S. 252.
Burnham, W. H., The problem of fatigue. Amer. Journ. of Psychol. 1908, Bd. 19, S. 385. [Allgemeine Übersicht.]
Busse, H., Auslese und Ausbildung des Personals für den unteren Betriebsdienst (Eisenbahn). Arch. f. Eisenbahnwesen 1921, Bd. 44, S. 568; vgl. Ztg. des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen 1920, Nr. 10 u. Nr. 41.
Buzenet, M., Mesure de la sensibilité tactile. Bull. de la société libre pour l'étude psychologique de l'enfant 1905, 5, S. 633.
Byers, M. L., What are the causes leading to railway accidents. New York 1919.
Camerer, W., Versuche über den Raumsinn der Haut bei Kindern. Ztschr. f. Biol. 1889, Bd. 17, Heft 1, S. 1.
del Campo, E., Fortgesetzte Untersuchungen über eine neue Funktion des inneren Sekretes der Thymusdrüse. Ztschr. f. Biol. 1918, Bd. 68, S. 285.
Carlson, A. J., The effects of stretching the nerve on the rate of conduction of the nervous impulse. Amer. Journ. of Physiol. 1911; 27, S. 323.
Carozzi, L., Boulangerie, rapport revisé par le comité de correspondance d'hygiène industrielle du Bureau international du travail. Hygiène du travail, encyclopédie d'hygiène, de pathologie et d'assistance sociale, envisayées au point de vue du travail, de l'industrie et des professions. Genève 1927, No. 101, pag. 1.
Cathcart, E. P. und Stevenson, A. G., Energy expenditure in man. The cost of positive, negative and static work. Journ. of the Roy. army medical corps 1922, Bd. 38, Nr. 1, S. 1.
Cattel und Ferrand, Physical and mental measurement of the students of Columbia University. Psychological Review 1896, Bd. 3, S. 618.
Chailley-Bert und Langlois, Pression arterielle et travail musculaire. Compt. rend. des Séances de la Soc. de Biologie 1921, Bd. 84, S. 725. [Blutdruck sinkt nach Beendigung der Arbeit.]
Chaney, Causes and prevention of accidents in the iron and steel industry. U. S. Bureau of Labour Stat. Bull. 1922, VI, 298, s. auch Chaney und Hanna, ib. 1917 u. 1918.
Chlopin, Zum gegenwärtigen Stand der Frage über den Einfluß geistiger Arbeit auf den Stoffwechsel des menschlichen Organismus. Hygienische und biologische Abhandlungen. Festschrift f. H. Griesbach. Gießen, Töpelmann, 1925, S. 22.
Chlopin und Okunewsky, Untersuchungen auf dem Gebiete der Physiologie und Hygiene der geistigen Tätigkeit. Bull. de l'Acad. des Sciences de Russie 1922.
Dies., Die geistige Tätigkeit und der Gasstoffwechsel. Arch. f. Hyg. 1922, Bd. 91, S. 317.
Chotzen, F., Die Intelligenzprüfung von Binet und Simon und ihre Verwertung für die Schule. Ztschr. f. d. Erforschung u. Behandlung des jugendl. Schwachsinns 1912, 2.
Claparède, Ed., Psychologie de l'enfant et Pédagogie expérimentale. Genf 1900. [Erschien auch in englischer, italienischer, spanischer, russischer Übersetzung, deutsche Übersetzung nach der 4. Aufl. mit dem Titel: Kinderpsychologie und experimentelle Pädagogik von Franz Hoffmann; Leipzig, I. A. Barth, 1911.]
Clavière, J., Le travail intellectuel dans ses rapports avec la force musculaire mesuré au dynamomètre. L'année psychol. 1901, Bd. 7, S. 206–230.
Clod-Hansen, A., Körperliche Übungen und geistige Überanstrengung (dänisch). Ref. Zentralbl. f. Nervenheilk. u. Psychiatrie 1893, S. 103.
Cobb, Stanley und Forbes, Alex, Electromyographic studies of muscular fatigue in man. Amer. Journ. of Physiol., Bd. 65, Nr. 2, S. 234. [Frequenzabnahme der Aktionsströme bei Muskelermüdung. Bestätigung der Untersuchungen Pipers.]
Colombo, C., Recherches sur la pression du sang chez l'homme. Archives ital. de Biol. 1899, Bd. 31, Fasc. 3, S. 345 und Giorn. R. Accad. med. di Torino 1899, An. 62, Nr. 4.
Cook, H. D. und v. Frey, M., Der Einfluß der Reizstärke auf den Wert der simultanen Raumschwelle der Haut. Ztschr. f. Biol. 1911, Bd. 56, S. 537.
Couvé, R., Eisenbahnbetriebsunfälle und Psychotechnik. Prakt. Psychol. 1923, 4. Jahrg., S. 193. [Bei der Eignungsprüfung des Eisenbahnpersonals soll auch im Laboratorium auf Widerstand gegen Ermüdung geprüft werden. Dies ist alles, was über Ermüdung gesagt wird (S. 197). Über Entstehung von Betriebsunfällen durch Ermüdung des Personals erfährt man nichts.]
Ders., Die psychotechnische Eignungsprüfung von Eisenbahnverkehrsbeamten. Industr. Psychotechnik 1924, 1. Jahrg., S. 22.
Ders., Die Psychotechnik im Dienste der deutschen Reichsbahn. Berlin, VDI-Verlag 1925, S. 24. Mit 43 Abb., 2. Taf. u. 7 Anlagen.

Crampe, E., Individualpsychologische Untersuchungen über die Reaktion auf einfache optische und akustische Reize. Med. Dissert. Gießen 1920, S. 15.
Crampton, C. Ward., The Blood ptosis test and its use in experimental work in Hygiene. Proceed. of the Soc. Experim. Biology and Medecine 1915, Bd. 12, S. 119.
Czermak, J. N., Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes. Sitzungsber. d. Wien. Akad. math.-naturw. Kl. 1855, Bd. 15, S. 466; Bd. 17, S. 582; Bd. 18, S. 577.
Ders., Zur Lehre vom Raumsinn der Haut. Moleschotts Untersuch. z. Naturl. 1856, Bd. 1, S. 183.
Decroly, Intelligenzmessungen bei normalen und abnormen Kindern. Ber. über d. 2. Kongr. f. exper. Psychol. in Würzburg. Leipzig 1907, S. 187.
Decroly und Degand, Les tests de Binet et Simon pour la mesure de l'intelligence. Arch. de psychol. 1907, Bd. 6, S. 27.
Dies., La mesure de l'intelligence ches les enfants normaux, Ib. 1910, Bd. 9, S. 81.
Dietlen und Moritz, Über das Verhalten des Herzens nach langdauerndem und anstrengendem Radfahren. Münch. med. Wochenschr. 1908, S. 490.
Dietrich, E., Aufgabe und Zweck der Arbeitseignungsfeststellung. Beihefte z. Zentralbl. f. Gewerbehygiene und Unfallverhütung, Bd. 1, Heft 3, S. 1.
Dodge, Raym., A systematic exploration of a normal knee jerk, its technique, the form of the muscle-contraction, its amplitude, its latent time and its theory. Ztschr. f. allg. Physiol. 1911, Bd. 12, S. 1, mit Taf. 1—3.
Ders., Mental work. A Study in Psycho-Dynamics. Psychol. Review 1913, Bd. 20, S. 1.
Döll, W., Das Taylorsystem als Grundlage einer deutschen Betriebswissenschaft. Staatswissenschaftl. Dissert. Gießen 1923.
Dougall, Mc., Rep. of the Cambr. Anthrop. Exped. to Torres Straits 1901, Bd. 2, Teil 2, S. 189 (zit. nach Ziehen).
Dresslar, F. B., Some influences which affect the Rapidity of voluntary movements. Americ. Journ. of Psychol. 1892, Bd. 4, S. 514.
Dubois, J. (Bern), s. L. Schnyder.
Durig, A., Die Ermüdung. Schriften des 3. internat. Kongr. f. Gewerbekrankheiten, Heft 1, Wien, Hölder, 1916.
Ders., Die Theorie der Ermüdung „Körper und Arbeit". Handb. d. Arbeitsphysiologie, herausg. v. E. Atzler. Leipzig, Thieme, 1927.
Dusser de Barenne, J. G. und Burger, G. C. E., Untersuchungen über den Gaswechsel des Menschen bei statischer Arbeit. Pflügers Arch., Bd. 218, S. 239 und Onnderzoekingen ged. in het physiol. Laborat. te Utrecht 1927/28, Deel VIII, S. 122.
Ebbecke, U., Die lokale vasomotorische Reaktion der Haut und der inneren Organe. Pflügers Arch. 1917, Bd. 169, S. 1.
Ders., Endothelzellen, Rougetzellen und Adventitialzellen in ihrer Beziehung zur Kontraktilität der Kapillaren. Klin. Wochenschr. 1923, S. 1341 und Die Naturwissenschaften 1926, S. 1134.
Ders., Über Gewebsreizung und Gefäßreaktionen. Pflügers Arch. 1923, Bd. 199, S. 197; vgl. auch Ergebisse der Physiologie 1923, Bd. 22, S. 454.
Ders., Über die Wirkungsweise nichtelektrischer (mechan., chem., therm.) Reize; ib. 1926, Bd. 211, S. 511 (nimmt auf S. 512 auch Bezug auf Bethes allgem. Erregungstheorie).
Ebbinghaus, H., Über eine neue Methode zur Prüfung geistiger Fähigkeiten und ihre Anwendung bei Schulkindern. Erweitert nach einem auf dem 3. internat. Kongr. f. Psychol. in München gehaltenen Vortrag. Sonderabdr. aus Ztschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane. Hamburg und Leipzig, L. Voss, 1897.
Eberth, C. J., Von den Blutgefäßen. Strickers Handb. der Lehre von den Geweben 1871, Bd. 1, S. 201ff.
Edgecombe, W. und Bain, W., An abstract of observations on the effect of baths, massage and exercise on the blood pressure. Journ. of Physiol. 1899, Bd. 24, S. 48.
Edinger, Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane 1904, 7. Aufl.
Efimoff, W. W. und Zibakowa, E., Ermüdungsmessungen und Pausenregelung im Dienste der Arbeitsrationalisierung. I. Steigerung der Arbeitsleistung durch Einführung von Kurzpausen bei Metallbearbeitung. II. Ermüdungsmessungen bei Näh- und Bügelarbeit (Efimoff). Industr. Psychotechnik 1926, 3. Jahrg., Heft 2, S. 46, 50.
Egoroff, Die Veränderungen des Blutbildes während der Muskelarbeit (die myogene Leukozytose). Ztschr. f. klin. Med. 1924, Bd. 100, S. 485.
Eisner, H., Die Ermüdung durch Berufsarbeit. Bericht über den 14. internat. Kongr. f. Hyg. u. Demographie. Berlin 1908, Bd. 2, Sekt. IV, S. 576, 582 (Fragebogen).
Elliot, Thos. Renton, The Action of Adrenaline. Journ. of physiol. 1905 (myoneurale Schicht, S. 436).

Ellis, C. und Shipe, M., A Study of the accuracy of the present methods of testing fatigue. Amer. Journ. of Psychol. 1903, Bd. 14, S. 232.
Embden, G., Über die Bedeutung der Phosphorsäure für die Muskeltätigkeit und Leistungsfähigkeit. Med. Klinik 1919, Nr. 30.
Ders., Beiträge zur Lehre von der Muskelkontraktion, der Ermüdung und der Narkose. Nach einem Vortrag gelegentlich der Tagung der physiol. Gesellschaft in Hamburg 1920. Berichte über die gesamte Physiol. vom 25. August 1920, S. 159 u. Ztschr. f. physiol. Chem. 1921, Bd. 113, S. 2 u. 8 (mit Laquer).
Embden, G. und Adler, Über die Phosphorsäureverteilung in der weißen und roten Muskulatur des Kaninchens. Ztschr. f. physiol. Chem. 1921, Bd. 113, S. 201.
Embden, G., Schmitz und Meincke, Über den Einfluß der Muskelarbeit auf den Laktazidogengehalt der quergestreiften Muskulatur. Ib. 1921, Bd. 113, S. 12 u. 16.
Embden, G., Grafe, E. und Schmitz, E., Über Steigerung der Leistungsfähigkeit durch Phosphatzufuhr. Ib. 1921, Bd. 113, S. 67, 108.
Embden, Chemismus der Muskelkontraktion und Chemie der Muskulatur. Bethes Handb. d. Physiol. 1925, Bd. 8, 1, S. 369 (dort auch weitere ausführl. Lit.).
Engelmann, W., Refraktäre Phase und kompensatorische Ruhe in ihrer Bedeutung für den Herzrhythmus. Pflügers Arch. 1895, Bd. 59, S. 309 mit 24 Textfig.; Pflügers Arch. 1896, Bd. 62, S. 543.
Ernst, E., Untersuchungen über Muskelkontraktion. 4. Mitteil. Volumverminderung und Arbeitsleistung. Pflügers Arch. 1926, Bd. 213, S. 144.
van Erp Taalman Kip, M. J., Über die Variationen im Verhältnis der Kraft beider Hände und ihre Bedeutung für eine Theorie über den Ursprung der Rechtshändigkeit. Psychiatr. en neurolog. Bladen 1916, 20. Jahrg., S. 395, vgl. auch ib. 1914, S. 356—367 u. 486—499 (dort auch weitere Literatur).
Ders., Über eine von der linken Großhirnhemisphäre auf die rechte ausgeübte Hemmung. Ib. 1916, S. 209.
Ders., Untersuchungen über die Geschicklichkeit beider Hände. Eine Studie zur Frage der relativen Wertigkeit beider Großhirnhemisphären. Feestbündel Winkler. Ib. 1918.
Ders., Das Verhältnis der Kraft beider Hände bei verschiedenen Rassen. Ib. 1918, 22. Jahrg.
Ders., Gibt es eine angeborene Rechtshändigkeit als allgemeine menschliche Eigenschaft? Ib. 1922, Nr. 3/4, S. 1.
Ewig, W. und Wohlfeil, T., Psychologische Beiträge zur Ermüdungsforschung bei maximalen Körperanstrengungen. 1. Mitteilung: Das Verhalten der Aufmerksamkeit; 2. Mitteilung: Über das psychomotorische Verhalten; 3. Mitteilung: Über die geistige Leistungsfähigkeit. Arch. f. Hygiene 1926, Bd. 97, S. 162, 251, 261.
Exner, Sigm., Experimentelle Untersuchung der einfachsten psychischen Prozesse. Pflügers Arch. 1873, Bd. 7, S. 601.
Farmer, E., Time and motion study. The Journal of industrial fatigue 1922/23, Vol. 4, S. 157. [Das Arbeitstempo im Taylorsystem beeinflußt das Nervensystem der Arbeiter ungünstig.]
Farmer, E. und Bevington, S., An Experiment in the Introduction of Rest Pauses. Journal of the national Institute of industrial Psychology, Vol. 1, S. 89.
Faure, L., Essai d'étude comparative de l'homme droit et de l'homme gauche. Thèse de Lyon 1902.
Fechner, Über die Methode der richtigen und falschen Fälle in Anwendung auf die Maßbestimmung der Feinheit oder extensiven Empfindlichkeit des Raumsinnes. Abh. d. sächs. Ges. d. Wiss. Leipzig 1884.
Féré, Ch., Sur la sensibilité de la pulpe des doigts; Compt. rend. de la Soc. de Biol. 1895 u. La main, la préhension et le toucher. Rev. philos. 1896, Bd. 43, Juin, S. 621.
Ders., Influence de l'éducation de la motilité volontaire sur la sensibilité. Ib. 1897, Bd. 44, S. 591.
Ders., Les variations de l'excitabilité dans la fatigue. L'année psychol. 1901, 7. Année, S. 69.
Ders., L'excitabilité comparée des deux hémisphères cérébraux chez l'homme. Ib. S. 160.
Ders., Influence du rythme sur le travail. L'année psychol. 1902, 8. année, S. 49.
Ferrai, Carlo, Sul compenso sensoriale nei sordomuti. Riv. sperimentale di Freniatria 1901, Bd. 27, Fasc. 2.
Fletcher, Walter Morley und Hopkins, F. Gowland, Lactic Acid in Amphibian muscle. Journ. of physiol. 1907, Bd. 35, S. 247.
Dies., The respiratory process in muscle and the nature of muscular motion. Croonian Lecture. Proc. of the Roy. Soc. London 1917, Bd. 89 B, S. 444.
Flockenhaus, Max, Die geistige Leistungsfähigkeit nach schwerer körperlicher Anstrengung. Med. Klin. 1923, Nr. 17, S. 574.
Florence, The question of fatigue from the economic standpoint. British Association, Sect. F, Manchester 1915. Newcastle 1916.

Florence, Methods of field study of industrial fatigue. Public Health Reports 1918, III, S. 349.
Ders., Use of factory statistics in the investigation of industrial fatigue, a manuel for field research. Columbia university studies etc. 1918, 81 (3), S. 453—601.
Ders., Recent researches in industrial fatigue. Economic Journ. 1923, S. 185.
Ders., The forty-eight hour week and industrial efficiency. Internat. labour review 1924, S. 756.
Ders., Economics of fatigue and unrest. London, Allen & Unwin, 1924, Kap. 10.
Focher, Ladislaus, Experiment. Beiträge z. Physiol. u. Psychologie d. Weberschen Raumsinnes. Ztschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 1923, Bd. 87, S. 232.
Ders., Ein neuer Weg zur interparoxysmalen Erkennung der genuinen Epilepsie. D. m. W. 1923, Nr. 33.
Ders., A new diagnostic symptom for the recognation of idiopathic Epilepsis in its interparoxysmal period; with an experimental Study of the pathology and eugenic importance of this new symptom. The Journ. of nervous and mental diseases 1925, Bd. 62, S. 337.
Ders., Einfache psychol. Untersuchungsmethoden. Ars medici 1917, Nr. 11, S. 362.
Foucault, M., L'illusion paradoxale et le seuil de Weber. Travaux et mémoires de Montpellier, Sér. lit. V; Montpellier, Coulet fils, 1910. [Verf. fand bei Kindern im ermüdeten Zustande größere Raumschwellen als im unermüdeten Zustande, bei Blinden fand er sie nicht kleiner als bei Sehenden.]
Franke, Rud., Psychotechnische Prüfungen. Ztschr. f. Fernmeldetechnik, Werk- und Gerätebau 1923, S. 43.
Franz, Ivory, On the methods of estimating the force of voluntary muscular contractions and on fatigue. Americ. Journ. of Physiol. 1900, Bd. 4, S. 348.
Frenz, Gustav, Kritik des Taylorsystems. Berlin, Springer, 1920.
v. Frey, M., Die Physiologie d. Schmerzsinnes. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss., math.-naturw. Kl. 1894, Bd. 46, S. 283; 1895, Bd. 47, S. 166 und Untersuchungen über die Sinnesempfindungen der menschlichen Haut. Abh. d. sächs. Ges. d. W. 1896, Bd. 23, S. 175.
v. Frey und Kiesow, Über die Funktion der Tastkörperchen. Ztschr. f. Psychol. und Physiol. der Sinnesorgane 1899, Bd. 20, S. 126.
v. Frey, M., Über den Ortssinn der Haut. Sitzungsber. d. physikal-med. Ges. zu Würzburg 1899, vom 9. Nov.
Ders., Leitung und Ausbreitung der Erregung in den Nervenbahnen des Drucksinnes. Ztschr. f. Biol. 1913, Bd. 59, S. 516. [Hier der Hinweis, daß die Simultanschwelle, abgesehen von der Hautstelle und der Aufmerksamkeit, auch von der Reizstärke abhängig ist. Die Ursache, daß die Simultanschwelle größer als die Sukzessivschwelle ausfällt, sucht er mit der Ausbreitung und gegenseitigen Abstumpfung der Erregungen zu erklären, die sich auf bestimmten Flächengebieten im Rückenmark bzw. verlängerten Mark gegenseitig durchdringen und Zerstreuungskreise bilden, wodurch es bei geringerem Erregungsgefälle zu einer verminderten Deutlichkeit der Empfindung komme. Vgl. hierzu Goldscheider, Pflügers Arch. 209, S. 520/21.]
v. Frey, Die sensorischen Funktionen der Haut usw. Handb. d. physiol. Method. v. Tigerstedt. Leipzig 1914, 3, 1.
Ders., Studien über den Kraftsinn. Ztschr. f. Biol. 1914, Bd. 63 (neue Folge, Bd. 45), S. 129.
Ders., Die Tangorezeptoren des Menschen. Handb. d. norm. u. pathol. Physiol., herausg. v. Bethe u. v. Bergmann. Berlin, Springer, 1926, Bd. 11, S. 94ff.
v. Frey und Metzner, Die Raumschwelle der Haut bei Sukzessivreizung. Ztschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorgane 1902, Bd. 29, S. 161.
Friedmann, P., Die Raumschwelle der Haut beim Kinde. Ztschr. f. Psychol. 1927, Bd. 103, Heft 3/4, S. 191.
Friedrich, Joh., Untersuchungen über die Einflüsse der Arbeitsdauer und der Arbeitspausen auf die geistige Leistungsfähigkeit der Schulkinder. Ztschr. f. Psychol. 1897, Bd. 13, S. 1.
Fröhlich, Fr. W., Leistungen des Nervensystems. Handb. d. deutschen Schulhygiene, herausgeg. von H. Selter, 1914, S. 134ff., s. auch Zeitschr. f. allgem. Physiol. 1903, III (4), S. 464 (Ermüdung der markhaltigen Nerven).
Frois, M., Étude physiologique du travail. Rev. internat. du travail 1922, Bd. 6, S. 1042 aus Notes et mém. de l'Institut Lannelongue d'Hygiène sociale. Paris, F. Alcan.
Ders., Les accidents du travail au point de vue social. Le rôle de la physiologie et de la psychologie dans la prévention des accidents. Atti della III. Conferenza internazionale di Psicologia applicata all' orientamento professionale Milano 1923, S. 71 ff.
Frois, M. et Caubet, B., Le rendement de la main-d'oeuvre et la fatigue professionelle. Rev. internat. du travail 1922, Bd. 6, S. 1042 aus Notes et Mém. de l'Institut Lannelongue d'Hygiène sociale. Paris, F. Alcan.

Frumerie, K., Über das Verhältnis des Ermüdungsgefühls zur CO_2-Abgabe bei statischer Muskelarbeit. Skand. Arch. f. Physiol. 1913, Bd. 30, S. 409.
Gairns, S. und O'Brien, M. K., A Discussion of the Method of A. D. Waller for computing energy output, and results of experiments determining energy expenditure during some household tasks. (Dort Hinweis auf alle einschlägigen Arbeiten Wallers.)
Garth, Thomas Russel, Mental fatigue during continous exercise of a single function. Arch. of psychol. Nr. 41, August 1918. Columbia university contributions to philos. and psychol., Bd. 26, Nr. 2 (Rechenversuche mit 711 Schulkindern unter Verwendung von Thorndikes einzifferigen Additionsbögen).
Gellhorn, Walter, Über den Nachweis eines abgesättigten Toxins. Münch. m. W. 1908, Nr. 16, S. 845. [Nimmt Bezug auf Weichardts Kenotoxin und Antikenotoxin.]
Gellhorn, E., Übungsfähigkeit und Übungsfestigkeit bei geistiger Arbeit. Beihefte z. Ztschr. f. angew. Psychol. 1920, 7. Folge 21—25.
Ders., Psychol. und physiol. Untersuchungen über Übung und Ermüdung. Das Verhalten von Puls und Körpertemperatur im Zustande der Ermüdung. Pflügers Arch. 1921, Bd. 189, S. 174.
Gellhorn, E. u. Lewin, H., Veränderungen des Blutdruckes bei psychischen Vorgängen im gesunden und kranken Menschen. Arch. f. Anat. u. Physiol., physiol. Abt. 1913, S. 225.
Dies., Verhalten des Blutdruckes bei Muskelarbeit im normalen und ermüdeten Zustande. Ib. 1915, S. 28.
German, s. meine S. 414 genannten Schriften.
Giese, Fritz, Handb. psychotechnischer Eignungsprüfungen. 2. Aufl. Halle, C. Marhold, 1925.
Gilbert, J. A., Researches on the mental and physical development of shool-children. Studies from the Yale psychol. Laborat. 1894, Bd. 2, S. 40.
Gilbreth, F. G. und Gilbreth, L. M., Applied motion Study. New York, Sturges and Welten, 1917.
Gilbreth, F. G., Fatigue study. The elimination of Humanity's greatest unnecessary waste as first step in motion study. 2. Aufl. New York, Macmillan, 1919.
Gildemeister, M., Über die sogenannte Härte tierischer Gewebe und ihre Messung. Ztschr. f. Biol. 1914, Bd. 63 (n. F., Bd. 45), S. 183.
Gineff, D., Prüfung der Methoden zur Messung geistiger Ermüdung. Dissert. Zürich 1899.
Göthlin, Fr., Relation entre le fonctionnement et la structure des éléments nerveaux. Uppsala Laekareförenings Förhandlingar 1917, Bd. 22, H. 5.
Goldmark, Fatigue and efficiency. New York 1912.
Goldmark und Hopkins, Comparison of an eight-hour plant and a ten-hour plant. Publ. Health. Bull. 1920, Nr. 106.
Goldscheider, Beitrag zur Lokalisation der Tastempfindungen. Pflügers Arch. 1925, Bd. 209, S. 518; s. die zit. Abh. M. v. Freys von 1913.
Goldscheider, A., Thermorezeptoren. Handb. d. normal. u. pathol. Physiol., herausg. v. Bethe u. v. Bergmann. Berlin, Springer, 1926, Bd. 11, S. 131ff.
Ders., Schmerz. Ib. S. 181ff.
Ders., Die Physiologie des Schmerzes. Beiträge zur Physiol. d. Gemeingefühle. Ztschr. f. Sinnesphysiol. 1924, Bd. 56, S. 1.
Ders., Die Neurosefrage. D. m. W. 1927, Nr. 29 u. 30.
Goldstein, Kurt, Methoden zur Untersuchung der Hautsinne. Abderhaldens Handb. d. biol. Arbeitsmethoden 1922, Abt. VI, Teil A, H. 3, Lief. 79, S. 530.
Goltz, De spatii sensu cutis. Med. Dissert. Königsberg 1858.
Graf, O., Über lohnendste Arbeitspausen bei geistiger Arbeit. Kraepelins psychol. Arbeiten 1922, Bd. 7, S. 548; Bd. 9, S. 1.
Ders., Über Ermüdung bei zwangsläufiger Arbeit. Ztschr. f. Neurol. u. Psychiatrie 1926, Bd. 101, S. 115.
Grawitz, Über myogene Leukozytose. D. m. W. 1910, Nr. 29.
Graziani, Alb., Der Einfluß der übermäßigen Geistesarbeit auf die Zahl, den Hämoglobingehalt und den Widerstand der roten Blutkörperchen. Ztschr. f. Schulgesundheitspflege 1907, Jahrg. 20, Nr. 6, S. 337.
Ders., I vari gradi della intelligenza nei ragazzi ed il loro substrato sociale sessuale morfologico e psicofisiologico. Internat. Arch. f. Schulhyg. 1908, Bd. 5, S. 158.
Greving, R., Zur Anatomie, Physiologie u. Pathologie der vegetativen Zentren im Zwischenhirn. Ztschr. f. d. ges. Anat., Abt. 3, Bd. 24 (Erg. d. Anat.) u. L. R. Müller, Die Lebensnerven. Berlin, Springer, 1924, S. 88.
Griesbach, H., Über Beziehungen zwischen geistiger Ermüdung und Empfindungsvermögen der Haut. Arch. f. Hyg. 1895, Bd. 24, S. 124; auch als Sonderdruck: Energetik und Hygiene des Nervensystems. München u. Leipzig, Oldenbourg, 1895.

Griesbach, H., Ein neues Ästhesiometer. Pflügers Arch. 1897, Bd. 68, S. 65.
Ders., Vergleichende Untersuchungen über die Sinnesschärfe Blinder und Sehender. Pflügers Arch. 1899, Bd. 74, S. 577; Bd. 75, S. 365.
Ders., Weitere Untersuchungen über Beziehungen zwischen geistiger Ermüdung und Hautsensibilität. Internat. Arch. f. Schulhyg. 1905, Bd. 1, S. 317.
Ders., Einheitliche Gestaltung des Unterrichtes, von physiol. u. hygien. Gesichtspunkten aus betrachtet. Verh. d. allgem. deutschen Vereins f. Schulgesundheitspflege 1908, S. 103.
Ders., Hirnlokalisation und Ermüdung. Pflügers Arch. 1910, Bd. 131, S. 1.
Ders., Ermüdung, Berufsarbeit und Unfall. „Die Hygiene" 1910, H. 3 u. 4.
Ders., Biophytisch-ästhesiometrische Messungen an Personen mit Verkümmerung der rechten Oberextremität. Ztschr. f. Neurol. u. Psychiatrie 1916, Bd. 32, S. 405.
Ders., Über Linkshändigkeit. D. m. W. 1919, Nr. 51.
Ders., Beobachtungen über Blutdruck und dessen Verhalten bei Arbeiten in einigen gewerblichen Betrieben. Arch. f. Hyg. 1924, Bd. 94, S. 73.
Ders., Diskussionsbemerkungen zu dem Thema Arbeit und Ermüdung auf der 3. Jahresversammlung der D. Ges. f. Gewerbehygiene in Wiesbaden am 17. Sept. 1926.
Griesbach, Rolf, Ästhesiometrische Messungen in der Psychiatrie. Ztschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 1922, Bd. 76, S. 304.
Ders., Ein neues Ästhesiometer. D. m. W. 1921, Nr. 51.
Gruber, Charls M., Threshold stimulus as affected by fatigue und subsequent rest. Amer. Journ. of physiology 1913, Bd. 32, S. 438.
Gruber, Charls M. u. Kretschmar, Otto S., The effect of Adrenalin upon the fatigue produced by the Injection of the fatigue products lactic acid and acid potassium phosphate. Amer. Journ. of physiol. 1918/19, Bd. 47, S. 178 u. S. 185 (Epinephrin). [Adrenalin wirkt der mit Milchsäureansammlung verbundenen Ermüdung entgegen].
Guerrini Guido, Preliminary account of the influence of fatigue on the structure of the nerve-cells, zit. nach Lancet 1912, 2, S. 1087.
Günther, K., Statistik der Eisenbahnunfälle und Eisenbahnunglücke. Arch. f. Eisenbahnwesen 1925, Bd. 48, S. 1053. [In der Rubrik „Mensch" vermißt man das Eingehen auf Erregung und Ermüdung des Personals als Ursache von Unfällen und Unglücken).
Ders., Eisenbahnunfälle. Vortag in der Deutschen maschinentechnischen Gesellschaft am 21. Okt. 1924. Glasers Annalen, Organ der Gesellschaft, Verlag der Firma F. C. Glaser 1925, Bd. 96, Nr. 1143, S. 51.
György, P., Phosphate und Zellatmung. Klin. Wochenschr., Jahrg. 1, 1922, Nr. 4, S. 172. (Ausführlicher auch im Jahrb. für Kinderheilkunde.)
Haas, Emile, L'ondulation de fatigue dans différentes régions du spectre. Compt. rend. de l'Acad. des Sc. 1923, S. 1831 (Ermüdung des Farbensehens).
Haberlandt, L., Über das Hormon der Herzbewegung. Jahreskurse f. ärztl. Fortbildung 1927, Januarheft, S. 1.
Ders., Versuche über die Ermüdbarkeit des markhaltigen Nerven. Pflügers Arch. 1911, Bd. 137, S. 435.
Hacker, F., Die Wirkung des Antikenotoxins auf den Menschen. Marbes Fortschritte der Psychologie 1914, Bd. 2, H. 6, S. 321.
Haeseler, Bericht über einige Versuche zur Feststellung geistiger Ermüdung nach Sportleistung. Ärztl. Monatschr. 1924, Septemberheft.
Hagen, W., Die Schwankungen im Kapillarkreislauf. Ztschr. f. d. ges. exp. Med. 1921, Bd. 14, S. 364.
Ders., Periodische, konstitutionelle und pathologische Schwankungen im Verhalten der Blutkapillaren. Virch. Arch. 1922, Bd. 239, S. 504.
Haldane, A convenient form of gas analysis apparatus. Journ. of Hygiene 1906, Bd. 6, S. 74. Methods of air-analysis, London 1912, 2. Aufl. Ib. 1918.
Hallion, L. u. Comte, Ch., Sur les reflexes vaso-moteurs bulbo-medullaires. Archives de physiol. norm. et pathol. 1895, Bd. 27, 1, S. 90.
Handowsky, Hans, Über die physiologische und therapeutische Bedeutung der Ionen. D. m. W. 1924, Nr. 16, S. 503.
Handrick, J., Ergograph und Dynamometer. Pädagog.-psychol. Arbeiten 1914, Bd. 5.
Hansemann, D. v., Über die Gehirne von Th. Mommsen, R. W. Bunsen u. A. v. Menzel. Stuttgart 1917.
Hartmann, Versuche über den Raumsinn des Rumpfes und Halses. Ztschr. f. Biol. 1875, Bd. 11, S. 79.
Hasse u. Dehner, Unsere Truppen in körperlicher Beziehung. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abtlg. 1893, S. 251.

Head, H. u. Holmes, G., Sensory disturbances from cerebral lesions. „Brain" 1911, Vol. 34, S. 162ff.
Heck, W. H., A Study of mental fatigue in relation to the daily shool program. Lynchburg, Virginia J. P. Bell, 1913 u. Psychological clinic 1913, Bd. 7, S. 29.
Heinen, W., Beobachtungen über die Beeinflussung der Kapillarweite usw. Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. 1923, Bd. 32, S. 455.
Heller, Osw., Eignungsprüfung u. Unfallvorbeugung in der Holzindustrie. Industr. Psychotechnik, Jahrg. 1, 1924, H. 4, S. 99.
Hellpach, Vortrag über den ungeteilten Unterricht. Verh. d. 6. Jahresversammlung d. allg. Deutschen Vereins f. Schulgesundheitspflege in Stuttgart, S. 82.
Henry, Ch., Sur la mesure de l'energie disponible par un dynamomètre Dynamographe totaliseur-enregistrateur. Compt. rend. de l'Acad. des Sc. Paris 1905, Bd. 140, S. 809.
Henri, Victor, Über die Raumwahrnehmungen des Tastsinnes (Monographie). Berlin, Reuther u. Reichard, 1898.
Henri, V., Archiv f. die physikalischen Wissenschaften, herausg. v. P. Lasareff 1918, 1, S. 135 (russisch); zit. bei Lasareff.
Hering, Ew., Zur Theorie der Vorgänge in der lebenden Substanz, Lotos 1889, n. F. Bd. 9, S. 35 u. 70.
Hering, E., Über den Einfluß der Weichteile auf die Werte der Blutdruckmessung. D. Arch. f. klin. Med. 1920, Bd. 133, S. 306.
Herkner, H., Handwörterbuch der Staatswissenschaften. Jena 1909, 1, S. 1215.
Hermann, Lud., Unters. üb. den Stoffwechsel der Muskeln. Berlin, Hirschwald 1867.
Ders., Untersuchungen über die Aktionsströme. Pflügers Arch. 1878, Bd. 16, S. 191.
Ders., Über den Aktionsstrom der Muskeln im lebenden Menschen. Ib. S. 410.
Ders., Nachträgliches zu den Aktionsströmen der Muskeln. Ib. 1881, Bd. 24, S. 294.
von Herwerden, A., Über die chemische Zusammensetzung der Nißlschen Körper der Ganglienzellen. Berl. klin. Wschr. 1913, Nr. 39; Arch. f. Zellforschung 1913, Nr. 10, S. 431.
Herxheimer, H., Zur Wirkung von primärem Natriumphosphat auf die körperliche Leistungsfähigkeit. Klin. Wochenschr. 1922, Nr. 10, S. 480. [Förderung der Leistungsfähigkeit durch Recresal.]
Ders., Zur Physiologie des Trainings. Ztschr. f. klin. Med. 1924, Bd. 98, S. 488.
Herzog, Franz, Über die myasthenische Ermüdung auf Grund der Untersuchung des Aktionsstromes der Muskeln und des histologischen Befundes. Arch. f. klin. Med. 1917, Bd. 123, S. 76.
Heydt, C., Eignungsprüfung für den Rangierdienst. Industr. Psychotechnik 1924, H. 5/6, 1. Jahrg., S. 140.
Ders., Der Einfluß des Alters bei Eignungsuntersuchungen mit besonderer Berücksichtigung des Verkehrs- und Betriebsdienstes der Deutschen Reichsbahn. Industr. Psychotechnik 1925, 2. Jahrg., S. 213.
Ders., Eignungsuntersuchungen für Eisenbahnbeamte der Assistentenlaufbahn und des Stellwerkdienstes. Industr. Psychotechnik 1926, 3. Jahrg., S. 65.
Hill, A. V., Der Mechanismus der Muskelkontraktion. Erg. d. Physiol. 1923, 22, S. 299. Betreffs Erregung vgl. auch Journ. of physiol. 1910, Bd. 40, S. 190.
Hill, A. V., Long, C. N. H., Lupton, H. und Furusawa, K., Muscular excercise, lactic acid and the supply and utilisation of oxygen. Proceedings of the Roy. Soc. London (8 Abhandlungen) 1924, Bd. 96 u. 97; 1926, Bd. 99, S. 169; vgl. auch Lancet 1924, S. 307; vgl. auch Quart. Journ. of med. 1923, 16.
Hilscher, K., Ermüdungsmessungen mit dem Neuramöbimeter von Exner. Heilpädagogische Schul- und Elternzeitung 1919, H. 5/6.
Hintzmann, Vortrag über den ungeteilten Unterricht. Verh. d. 6. Jahresversammlung d. allg. deutschen Vereins f. Schulgesundheitspflege, Stuttgart, S. 59.
Hippke, Erich, Das Differential-Leukozytenbild als Gradmesser der Muskelleistung. Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Heeres-Sanitätswesens. Berlin, Hirschwald, 1925, H. 78, S. 63.
Hirschlaff, L., Zur Methode und Kritik der Ergographenmessungen. Ztschr. f. päd. Psychol. 1901, Bd. 3, S. 184.
Hoch, A. u. Kraepelin, E., Ergographenversuche in: Über die Wirkung der Teebestandteile auf körperliche u. geistige Arbeit. Kraepelins Psychol. Arbeiten 1896, Bd. 1, S. 380.
Hodge, F., A microscopical study of changes due to functional activity in nerve cells. Journ. of Morphol. 1892, 7, S. 95 mit 2 Tafeln (Ganglienzellen unter dem Einfluß von Ermüdung).
Höber, R., Physikal. Chemie der Zelle der Gewebe. Leipzig, Engelmann, 5. Aufl.
Höpfner, Über geistige Ermüdung. Ztschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane, 1893, VI, S. 191.

Holmes, M. E., The fatigue of a shool hour. Studies from the psychol. laborat. of Leland Stanford Univ. The pedagog. Seminary, Worcester (Mass) 1895, Nr. 3, S. 216ff.
Holtzmann, Diskussionsbemerkungen zu dem Thema Arbeit und Ermüdung auf der 3. Jahreshauptversammlung der Deutschen Gesellschaft f. Gewerbehygiene in Wiesbaden am 17. Sept. 1926.
Hopkins, F. Gowland, Address to the British Assoc. 1912, S. 220.
Hough, T., Ergographic studies in muscular fatigue and soreness. Journ. of the Boston Soc. of medic. science 1900, Bd. 5 und Amer. Journ. of physiol., Bd. 5., S. 240.
Hueck, W., Muskelhärte und Muskelermüdung. Ztschr. f. d. ges. exp. Med. 1924, Bd. 43, S. 298.
Ders., Muskelhärte und Muskelspannungsgefühl. Pflüg. Arch. 1924, Bd. 206, S. 101.
Ilzhöfer, Über den Einfluß der geistigen Arbeit auf den Energieverbrauch. Arch. f. Hyg. 1924, Bd. 94, S. 317.
Inaba, R., Über das Kenotoxin Weichardts in der Ausatmungsluft. Ztschr. f. Hyg. 1911, Bd. 68, S. 1.
Jacoby, Untersuchungen über den Kraftsinn. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. 1893, Bd. 32, S. 49.
Jaederholm, G. A., Untersuchungen über Theorie und Praxis der Intelligenzmessungen. Stockholm, A. Bonnier (Schwedisch).
Ders., Untersuchungen über die Methode Binet-Simon. Ztschr. f. angew. Psychol. 1916, Bd. 11, S. 289.
Jaensch, E. R., Einfache psychische Vorgänge und somatische Korrelationserscheinungen nach sportlicher Leistung und im Training. Marburger sportwissenschaftl. Untersuchungen 1925.
Jaquet, A., Über die Wirkung mäßiger Säurezufuhr auf Kohlensäuremenge, Kohlensäurespannung und Alkaleszenz des Blutes. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmak. 1892, Bd. 30, S. 311.
Jelinek, S., Über den Blutdruck des gesunden Menschen. Ztschr. f. klin. Med. 1900, Bd. 39, S. 447.
Joteyko, J., Fatigue. Dictionnaire de Physiologie par Charles Richet. Paris, Félix Alcan, 1903, S. 29—213 u. L'année psychologique 1898, Jahrg. 5.
Dies., Participation des centres nerveux dans les phinomènes de la fatigue musculaire. L'année psychologique 1901, Jahrg. 7.
Dies., La science du travail. Paris, F. Alcan 1917. [Enthält Ermüdung, Taylorsystem, Ernährungseinfluß und Gewöhnung.]
Dies., La fatigue. Paris, Flammarion, 1920, 331 pag.
Judd, Über die Raumwahrnehmungen im Gebiete des Tastsinnes. Philos. Studien 1896, Bd. 12, S. 409.
Jüdin, A., Das Kleinhirn als Regulationszentrum des sympathischen Muskeltonus. Pflügers Arch. 1922, Bd. 195, S. 527.
Ders., Aktionsstrom, Temperatur und Latenzzeit der quergestreiften Muskeln. Ib. 1923, Bd. 198, S. 263.
Jüdin, A. u. Krönig, O., Ermüdung und Aktionsstrom der quergestreiften Muskeln. Ib. 1924, Bd. 203, S. 642. [Abnahme des Aktionsstromes durch Ermüdung.]
Kammel, W., Eine neue Methode zur Bestimmung der Ermüdbarkeit mit Demonstration eines neuen Gewichtsdoppelästhesiometers. Vortrag auf der 83. Tagung deutscher Naturf. u. Ärzte in Wien 1913. Ausführlich in: Siebentes Jahrbuch des Vereins f. Erziehungswiss. Verlag d. Köseschen Buchhandlung in Kempten u. München 1914 mit Lit.-Verz.; s. auch „Pharus" 1912, 3^1, S. 235.
Karbach, Hans, Die Berufsberatung, ihre Methoden und Probleme. Philos. Inauguraldissertation. Gießen 1926. [Verf. hat sich die Aufgabe gestellt, die wichtigsten Fragen, welche die Berufsberatung mit sich bringt, klarzulegen und einen Beitrag zur Geschichte derselben zu liefern.]
Karrenstein, Blutdruck und Körperarbeit. Ztschr. f. klin. Med. 1903, Bd. 50, S. 465.
Keller, Ernst, Beiträge zum Arbeitsschutz auf Grund der Verordnung vom 21. Dez. 1923. Juristische Inauguraldissertation, Gießen 1927.
Keller, R., Experimentelle Untersuchungen über die Ermüdung von Schülern durch geistige Arbeit. Ztschr. f. Schulgesundheitspflege 1897, Bd. 10, S. 335 u. 440.
Ders., Pädagog.-psychometr. Studien. Biolog. Zentralbl. 1894, Bd. 14, S. 24, 38; 1897, Bd. 17, S. 440.
Ders., Über den 40-Minutenunterrichtsbetrieb. Internat. Arch. f. Schulhygiene 1906, Bd. 2, S. 315.
Kemsies, F., Ergographenmessungen in: „Arbeitshygiene der Schule". Samml. v. Abh. aus dem Gebiete der pädagog. Psychol. u. Physiol. Berlin, Reuther u. Reichard, 1898, Bd. 11, H. 1, S. 30.

Kent, H. G. u. Rosanoff, A. J., The study of Association. Amer. Journ. of Insanity 1910, Bd. 67.
Kent, A. F. Stanley, Interim Report on an investigation of industrial fatigue by physiolog. methods. London 1915.
Ders., Study of industrial Fatigue „Iron Age". New York 1917, Bd. 99, Nr. 8 vom 22. Febr., S. 473.
Kestner, O. und Knipping, W., Die Ernährung bei geistiger Arbeit. Klin. Wochenschr. 1922, Jahrg. 1, S. 1353.
Kimura, Ritsuro, Ermüdungsstudien bei genau bemessener körperlicher Arbeit. Ztschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1922, Bd. 98, S. 68.
Kirkpatrick, Edwin A., Fundamentals of Child-Study. London, Macmillan, 1909, S. 322; deutsche Übersetzung unter dem Titel: Grundlagen der Kinderforschung, im Verlag von A. Hahn, Leipzig 1909.
Kitson, Harry D. and Campbell Claude, Relation between labour turnover and industrial accidents. The Journal of industr. Hygiene 1923/24. Vol. 5, S. 92ff.
Klarfeld, Boguslav, Ergographische Untersuchungen über den Kniesehnenreflex. Pflügers Arch. 1907, Bd. 122, S. 404.
Klein, W. und Steuber, M., Die gasanalytische Methodik des dynamischen Stoffwechsels. Leipzig, Thieme, 1925; vgl. auch Biochem. Ztschr. 1923, Bd. 136, H. 4/6.
Klinkenberg, Über den Einfluß der Hautreize auf die Sensibilität der Haut. Dissert. Bern 1883.
Kloth, W., Über die Eignung von Bedienungselementen zu Einstellbewegungen. Industr. Psychotechnik 1924, 1. Jahrg., S. 196.
Kobayashi, Über das Verhalten des Muskelglykogens bei physiologisch geleiteter Muskeltätigkeit. Ztschr. f. Biol. 1924, Bd. 81, S. 263.
Koch, W., Ergographische Studien. Dissert. Marburg 1894.
Kölliker, Kritik der Hypothese von Rabl-Rückhard u. Duval über amöboide Bewegungen der Neurodendriten. Sitzungsber. d. Würzburger physik.-med. Ges. vom 9. März 1895.
Koelsch, F., Konstitution und Berufseignung. Zbl. f. Gewerbehygiene und Unfallverhütung, Sept.-Heft 1925.
Ders., Die industrielle Nachtarbeit. Hygienische u. biologische Abhandlungen (Festschrift f. H. Griesbach). Gießen, Töpelmann, 1925, S. 74.
Koeppe, Hans, Über Osmose und den osmotischen Druck des Blutplasmas. D. m. W. 1895, Nr. 34.
Ders., Eine neue Methode zur Bestimmung isosmotischer Konzentration. Ztschr. f. physikal. Chemie 1895, Bd. 16, S. 261.
Ders., Physiologische Kochsalzlösung — Isotonie — osmotischer Druck. Pflügers Arch. 1897, Bd. 65, S. 492.
Ders., Der osmotische Druck als Ursache des Sauerstoffaustausches zwischen roten Blutkörperchen u. Salzlösungen. Ib. 1897, Bd. 67, S. 189.
Ders., Die Volumensänderungen roter Blutscheiben in Salzlösungen. Arch. f. Anat. u. Physiol., physiol. Abtlg. 1899, S. 504.
Ders., Über das Lackfarbenwerden der roten Blutscheiben. Pflügers Arch. 1905, Bd. 107, S. 86.
Ders., Die Hülle der roten Blutkörperchen. Hygienische u. biologische Abhandlungen. Festschrift f. H. Griesbach. Gießen, Töpelmann 1925, S. 83.
Kommerell, Burkhard, Die Douglassche Sackmethode zur Bestimmung des Stoffumsatzes, vereinfachte Versuchsberechnung mit Hilfe nomographischer Tafeln. Ztschr. f. d. ges. exp. Med. 1927, Bd. 56, S. 740 u. 743.
Konrich, Zur Frage der Ermüdungsmessung und der Wirksamkeit des Weichardtschen Antikenotoxins. Ztschr. f. Schulgesundheitspflege (Beiheft: Vh. d. 12. Jahresversammlung d. Deutschen Vereins f. Schulgesundheitspflege) 1912, S. 154ff. Diskussion: Lorentz, Weichardt S. 161.
Konrich, Über die Wirksamkeit des Weichardtschen Antitoxins und den Nachweis von Kenotoxin in der Luft mittels des isolierten Froschherzens und im Reagenzglase. Ztschr. f. Hygiene 1914, Bd. 78, S. 1.
Korff-Petersen, A., Unters. über Kenotoxin. Ztschr. f. Hygiene 1914, Bd. 78, S. 37.
Kraepelin, Emil, Die Arbeitskurve. Leipzig, Engelmann, 1902.
Ders., Über Ermüdungsmessungen. Arch. f. d. ges. Psychol. 1903, Bd. 1, Heft 1.
Ders., Über geistige Arbeit. Jena, Fischer, 1894.
Ders., Über die Messung der geistigen Leistungsfähigkeit und Ermüdbarkeit. Verhandl. d. Ges. Deutsch. Naturf. u. Ärzte, 70. Vers., Düssseldorf 1897, Bd. 2, S. 1 (vgl. auch die Diskussion).
Ders., Gedanken über die Arbeitskurve. K's. psycholog. Arbeiten 1922, Bd. 7, S. 535.

Kramer, Untersuchung der Sensibilität. Handb. d. Neurologie, herausg. von Lewandowsky, Bd. 1, S. 481.
Krasnov, D., К вопросу об умственной утомляемости. (Zur Frage der geistigen Ermüdbarkeit.) ГИГИЕНА ТРУДА. (Gigiena truda, Hygiene der Arbeit) 1926, Nr. 5/6, S. 25. (Verf. stellte seine Versuche über Ermüdung mit der Bourdonmethode und dem Dynamometer an, und zwar um 8^h, 12^{30}, 14, 16 und 22^{30}. Er unterscheidet bei der geistigen Leistungsfähigkeit einen Morgen- und Abendtypus. Bei ersterem liegt die größte Produktivität in der Mitte des Arbeitstages, bei letzterem gegen Ende desselben. Den Morgentypus charakterisiert der Verf. als Ermüdungstypus, den Abendtypus als Übungstypus. Die Schwankungen der Aufmerksamkeitskurve stehen in keinem Zusammenhange mit den Schwankungen der dynamometrischen Leistungskurve.)
Krogh, Aug., Contractilité et innervation des capillaires. Compt. rend. des séances de la Soc. de biol. 1920, Bd. 83, S. 498.
Ders., Studies on the capillaromot. mechanism. Journ. of physiol. 1920, Bd. 53, S. 399.
Ders., Studies on the physiol. of capillaries. Ib. 1921, Bd. 55, S. 412.
Ders., Anatomie u. Physiologie der Kapillaren. Deutsche Übersetzung von U. Ebbeke. Monographien aus dem Gesamtgebiet der Physiol. d. Pflanzen u. Tiere, Bd. 5. Berlin, Springer, 1924.
Ders., Ein Respirationsapparat zur klinischen Bestimmung des Energieumsatzes des Menschen. Wien. klin. Wochenschr. 1922, Nr. 13, S. 290 mit Abb. des Apparates.
Krogh, Aug. u. Lindhard, Nahrung, Umsatz und Arbeit. Biochemical Journ. 1920, Bd. 14, S. 290 u. Journ. of Physiol. 1920, Bd. 53; Boston medic. and surgic. Journal, Bd. 189, S. 313.
Kronecker, Hugo, Das charakteristische Merkmal der Herzmuskelbewegung. Beitr. z. Anat. u. Physiol. als Festgabe f. C. Ludwig 1874, S. 173 mit 27 Fig. im Text.
Kuhatschek, O., Die Arbeiterpensionskassen, die Krankenkassen und die Unfallversicherung bei der Deutschen Reichsbahn. Arch. f. Eisenbahnwesen 1926, Bd. 49, S. 889ff.
Kukulka, J., Über funktionelle Veränderungen der Gefäßkapillaren. Zeitschr. f. experim. Pathol. u. Therapie 1920, Bd. 20, S. 332.
Kylin, Eskil, Studien über die Tagesvariationen des arteriellen Blutdruckes bei Hypertonie. Zbl. f. inn. Med. 1921, Nr. 21, S. 419.
Ders., Über peristaltische Bewegung der Blutkapillaren. Klin. Wochenschr. 1923, Nr. 14.
Ders., Der Gehalt des Blutes an Kalzium u. Kalium. Kap. 4, S. 86. Jönköping 1927.
Lahy, J. M., Les signes objectifs de la fatigue dans les professions qui n'exigent pas d'efforts musculaires. Compt. rend. de l'Acad. des sciences 1914, Bd. 158, S. 727. Bull. de l'Inspection du travail 1910, S. 45.
Ders., Le système Taylor et la physiologie du travail professionel. Gauthier-Villard, Paris 1920.
Ders., Das Taylorsystem und die Physiologie der beruflichen Arbeit; aus d. Franz. ins Deutsche übersetzt von Dr. J. Waldsburger. Berlin, Springer, 1923. [Kap. 7 und 8 behandeln auch Ermüdung.]
Lahy, J. M. u. Hélitas, G., Modifications des échanges respiratoires sous l'influence du travail musculaire. Journal de physiol. et de pathol. générale 1912, Bd. 14, S. 1129.
Langley, J. N., On Nerve Endings, and on special excitable substances in Cells. Proc. Roy. Soc. 1906, Bd. 78 B, S. 170.
Lapicque, L. u. M., Modifications de l'excitabilité des nerfs par les sels qui précipitent le calcium. Compt. rend. des séances de la Soc. de Biol. 1914, Bd. 77, S. 230.
Dies., Modification de l'excitabilité musculaire par la fatigue. Compt. rend. des séances de la Soc. de biol. 1919, Bd. 82, S. 772.
Lasareff, P., Ionentheorie der Nerven- und Muskelreizung. Pflügers Arch. 1910, Bd. 135, S. 196.
Ders., Theorie der Lichtreizung der Netzhaut beim Dunkelsehen. Pflügers Arch. 1913, Bd. 154, S. 459.
Ders., Zur Theorie der Adaption der Netzhaut beim Dämmerungssehen. Pflügers Arch. 1914, Bd. 155, S. 310.
Ders., La théorie de l'excitation. Bulletin de l'Acad. impériale des Sciences. Petersburg 1916.
Ders., Recherches sur la theorie ionique de l'excitation. Moskau 1918.
Ders., Untersuchungen üb. d. Ionentheorie d. Reizung. Pflüg. Arch. 1922, Bd. 193, S. 231.
Ders., Ionentheorie der Reizung. Abh. u. Monographien aus dem Gebiete der Biologie u. Medizin, herausg. v. Alex. Lipschütz, Dorpat 1923, H. 3. Verlag Ernst Bircher, Bern und Leipzig.
Laser, Über geistige Ermüdung beim Schulunterricht. Ztschr. f. Schulgesundheitspflege 1894, Bd. 7, S. 2.

Lauber, H., Handbuch der ärztl. Berufsberatung. Urban & Schwarzenberg, Berlin 1923.
Laugier, H. u. Richet, Ch., Les variations des temps de Réaction (Equation personelle) au cours du travail professionel. Comptes rendus hebdomadaires des Séances et Mémoires de la Soc. de Biologie. 65. Année 1913, Bd. 1, S. 816 mit 3 Kurven im Text.
Lee, Fredr. S., Fatigue. Harvey Lectures. New-York 1905.
Ders., The action of normal fatigue substances on Muscle. Amer. Journ. of Physiol. 1905, Bd. 20, S. 170.
Ders., The human machine and industrial efficiency. New York und London, Longmans, Green and Co., 1919, S. 73ff.
Lee, F. S. u. Aronovitsch, B., On Weichardts supposed „Fatigue Toxin". American Journ. of Physiol. 1924, 69, S. 92 u. 101.
Lee, F. S. u. Vanbuskirk, J. D., An examination of certain proposed tests for fatigue. Amer. Journ. of Physiol. 1922, Bd. 63, S. 185. [Fanden weder in der Funktion des Respirationssystems noch des Gefäßsystems Anzeichen des Ermüdens.]
Legendre u. Piéron, Recherches sur le besoin de sommeil, consécutif à une veille prolongé. Ztschr. f. allg. Physiol. 1913.
Le Heux, Cholin als Hormon der Darmbewegung. Pflügers Arch. 1918, Bd. 173, S. 8; Bd. 179, S. 177.
Lehmann, Alfr., Die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände. 2. Teil 1901, S. 124. Deutsche Übersetzung aus dem Dänischen von T. Bendixen, Leipzig 1899.
Lehmann, Gunther, Methodische Bemerkungen zur Ermüdungsfrage. Beiheft 7 z. Zentralbl. f. Gewerbehygiene und Unfallverhütung. Berlin, Springer, 1927, S. 10.
Ders., Die physische Arbeitseignung. Körper u. Arbeit, Hdb. d. Arbeitsphysiologie. Leipzig, Thieme, 1927, S. 368.
Ders., Ein praktischer Respirationsapparat für die Klinik. Münch. med. Wochenschr. 1927, Nr. 40, S. 1714.
Leitenstorfer, Das militärische Training. Stuttgart, Enke, 1897.
Leman, zit. bei Chlopin.
v. Lenhossek, M., Über den Bau der Spinalganglienzelle. Neurol. Zentralbl. 1896, Bd. 15, S. 666.
Lennartz, E., Die Reaktion der Kapillaren auf mechanischen Reiz. Pflügers Arch. 1921, Bd. 191, S. 302.
Leriche, R. u. Policard, A., État des capillaires pendant l'excitation du sympathique périartériel ches l'homme. Compt. rend de la Soc. de Biol. 1920, Bd. 20, Nov.
Leuba, s. meine S. 414 genannten Schriften.
Levenstein, Adolf, Die Arbeiterfrage mit besonderer Berücksichtigung der sozialpsychologischen Seite des modernen Großbetriebes und der psychophysischen Einwirkungen auf die Arbeiter. Verlag E. Reinhardt, München 1912.
Levy, A. G., Fatigue of the cerebral motor cortex. Brit. med. Journ. 1900, S. 741.
Lewy, F. H., Die Lehre vom Tonus und der Bewegung. Berlin, Springer, 1923.
Lichtenfels, Über das Verhalten des Tastsinnes bei Narkosen der Zentralorgane, geprüft nach d. Weberschen Methode. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien 1851, 6, S. 265.
v. Liebermann, L. u. Acél, D., Über Resistenzveränderungen der roten Blutkörperchen bei physischer Arbeit. Haematologica, Archivio italiano di Ematologia e Sierologia 1922, Bd. 3, Fasc. 1.
Ders., Über Resistenzveränderungen der roten Blutkörperchen bei physischer Arbeit. Ztschr. f. Hygiene 1923, Bd. 99, S. 67.
Liljestrand, G. u. Stenström, N., Blutdruck und Pulsfrequenz beim Gehen und Laufen auf horizontaler Bahn. Skand. Arch. f. Physiol. 1919, Bd. 39, S. 207. [Steigerung des Blutdruckes während der Betätigung.]
Lindhard, J., Untersuch. über statische Muskelarbeit. Ib. 1920, Bd. 40, S. 145 u. 196.
Link, Henry C., A practical Study in industrial fatigue. The journal of industr. Hygiene 1919, Nr. 5, S. 234 u. Employment Psychology. The Macmillan company, New York. [Ermüdungstests: 1. Aus vielen Gruppen gedruckter Ziffern die Ziffern 1 und 7 streichen. 2. In 18 Gruppen von unregelmäßig und ungeordnet verteilten Punkten die Zahl derselben feststellen. 3. Von den in 25 Linien willkürlich geordneten Ziffern, Buchstaben und Punkten die letzteren zählen.]
Lipmann, Otto, Psycholog. Berufsberatung. Berlin, Carl Heymann, 1919.
Ders., Wirtschaftspsychologie u. psycholog. Berufsberatung. Leipzig, J. A. Barth, 1921.
Ders., Psychologische Schülerbeobachtung zur Vorbereitung der Berufsberatung. Ztschr. f. angew. Psych. 1920, Bd. 16, S. 379.
Ders., Unfallursachen und Unfallbekämpfung. Arbeitswissenschaftliche Monographien aus dem Institute f. angew. Psychol. Berlin, R. Schoetz. Auch in Veröffentlichungen aus dem Gebiete der Medizinalverwaltung, herausg. v. Krohne und Lentz 1925, Bd. 20, Heft 3.

Lipmann, Otto, Das Arbeitszeitproblem. Berlin, Institut für angewandte Psychol.. Schützenstraße 26; Steinabzug 1924.
Lobsien, M., Über den Einfluß des Antikenotoxins auf die Hauptkomponente der Arbeitskurve. Ztschr. f. Kinderforschung 1911, 16. Jahrg., H. 5 (Februar).
Ders., Die experimentelle Ermüdungsforschung. Ib. 1914, 19. Jahrg., H. 4/11 (August).
Ders., Über die psychologisch-pädagogischen Methoden zur Erforschung der geistigen Ermüdung. Ztschr. f. pädag. Psychol. u. Pathol. 1900, Bd. 2, S. 273 u. 352.
Loeb, J., Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen. Leipzig 1906.
Ders., Über die Ursache der elektrotonischen Erregbarkeitsänderung im Nerven. Pflügers Arch. 1907, Bd. 116, S. 193.
Loebell, Ermüdungserscheinungen des Hörorgans und Ermüdungsnystagmus nach sportlicher Arbeit. Sitzungsber. d. Ges. z. Beförderung der gesamten Naturw. zu Marburg (Jahrg. 1925) 1926, S. 65.
Löwy, Jul., Über Störungen biologischer Gleichgewichtszustände durch berufliche Schädigungen. Vortrag auf d. 4. internat. Kongr. f. Unfallheilkunde und Berufskrankheiten. Amsterdam 1925.
Lombard, W. P., The variations of normal knee-jerk and their relations to the action of the central nervous system. Amer. Journ. of Psychology 1887, Bd. 1, S. 5.
Ders., Effect of fatigue on voluntary muscular contractions, Ib. 1890, Bd. 3, S. 24.
Ders., Some of the influences which affect the power of voluntary muscular contractions. Journ. of physiology 1892, Bd. 13, S. 1; 1893, Bd. 14, S. 97.
Lorentz, Fr., Über Resultate der modernen Ermüdungsforschung und ihre Anwendung in der Schulhygiene. Ztschr. f. Schulgesundheitspflege 1911, 24. Jahrg., S. 3ff.
Ders., Die Ermüdung und das Antikenotoxin. Ztschr. f. pädagog. Psychol. u. experim. Pädagogik 1914, H. 9/10.
Lowsley, O. S., The effects of various forms of exercise on systolic, diastolic and pulse pressures and pulserate. Amer. Journ. of Physiol. 1911, Bd. 27, S. 447. [Steigerung des Blutdruckes bei körperlicher Arbeit um 33 bis 65 mm Hg.]
Lucas, Keith, On the refractory periode of muscle and nerve. Journ. of physiol. 1909/10, Bd. 39, S. 331.
Ders., The Process off excitation in nerve and muscle. Proc. Roy. Soc. 1912, Bd. 85, S. 495.
Luciani, L., Besprechung des Ergographen in: Physiologie des Menschen, aus dem Italien. übersetzt v. Baglioni u. Winterstein. Jena, G. Fischer, 1907, Bd. 3, S. 55ff.
Mac Curdy, The effect of maximum muscular effort on blood-pressure. Amer. Journ. of Physiol. 1901, Bd. 5, S. 95. [Steigerung des Blutdruckes bei körperlicher Arbeit um 70 mm Hg; der Druck steigt um so mehr, je intensiver die Arbeit ist.]
Ders., Physical efficiency tests during adslescence. 15. internat. Kongr. f. Hyg. u. Demogr. Washington 1913, Bd. 3, Teil 1, S. 420.
Máday, Steph. von, Über die Ermüdungsreaktion. Deutsche Ztschr. f. Nervenheilk. 1924, Bd. 81, S. 239.
Maggiora, Über die Gesetze der Ermüdung, Untersuchungen an Muskeln des Menschen. Arch. f. Anat. u. Physiol., physiol. Abt. 1890, S. 190.
Magne, H., Les modifications des échanges respiratoires pendant l'exercice musculaire. Rev. internat. du travail 1922, Bd. 6, S. 1048 aus Notes et mémoires de l'Institut Lannelongue d'hygiène sociale 1922, Nr. 3. Paris, F. Alcan.
Mahner, P., Vergleichende psycho-physiologische Versuche über die Unterscheidungsfähigkeit des inneren und äußeren Tastsinnes usw. an taubstummen, blinden, normalsinnigen Kindern. Dissert. Bern 1909.
Mangold, E., Untersuchungen über die Muskelstärke, I. Härtebestimmung (Abbildung des Sklerometers). Pflügers Arch. 1922, Bd. 196, S. 200.
Ders., Kreislauf und Atmung, Körper und Arbeit. Hdb. d. Arbeitsphysiol., herausg. v. Atzler. Leipzig, Thieme, 1927, S. 113ff.
Ders., Reiz und Erregung. Aschers und Spiros, Ergebnisse der Physiologie 1923, 1. Abt., Bd. 21, S. 361.
Mann, Gust., Histological changes induced in sympathetic, motor, and sensory nerve cells by functional activity. J. of An. a. Phys. 1895, Bd. 29, S. 104f., m. 1 Taf.
Marbe, K., Die Gleichförmigkeit der Welt. München 1916, Bd. 1, S. 232, 384.
Ders., Über Unfallversicherung und Psychotechnik. Praktische Psychologie 1923, 4. Jahrg., H. 9, S. 287ff.
Ders., Untersuchungen zur Unfallstatistik. Ztschr. f. d. ges. Versicherungs-Wiss. 1924, Bd. 24, S. 198ff., Bd. 25, H. 4.
Ders., Über Persönlichkeit, Einstellung, Suggestion und Hypnose. Ztschr. f. d. ges. Neurol. u. Psych. 1924, Bd. 94, S. 359ff.
Ders., Über Psychologie und Eisenbahnwesen. Arch. f. Eisenbahnwesen. Berlin, J. Springer, 1924, Bd. 47, S. 727ff.

Marbe, K., Praktische Psychologie der Unfälle und Betriebsschäden. München u. Berlin, Verlag von R. Oldenburg 1926.
Marchand, Über die Kontraktilität der Kapillaren und die Adventitialzellen. Münch. med. Wochenschr. 1923, S. 385 und Handb. d. allgem. Pathol. Leipzig 1924, Bd. 4, H. 1, S. 176 u. 302.
Marey, E. J., Des mouvements que produit le coeur lorsqu'il est soumis à des excitations artificielles. Compt. rend. de l'Acad. Paris 1876, Bd. 82, S. 407.
Ders., Recherches sur les excitations électriques du coeur. Ib. 1879, Bd. 89, S. 203.
Ders., Sur l'effet des excitations électriques appliquées au tissue musculaire du coeur. Journ. de l'anatom. et de la physiol. 1877, Nr. 1.
Marillier, L. u. Philippe, J., Recherches sur la topographie de la sensibilité cutanée. Journal de Physiologie et Pathol. générale 1903, Bd. 5, S. 66.
Markarianz, T., Beiträge zur Methodik der Arbeits- und Ermüdungsmessung. Pädag. psych. Arbeiten des Leipziger Lehrervereins 1913, Bd. 4, 2.
Martens, Psychologie und Verkehrswesen. Zeitschr. f. angew. Psychol., Bd. 15, S. 374 und Schriften zur Psychol. der Berufseignung u. des Wirtschaftslebens, 1919, Bd. 10.
Ders., Die Psychologie der Eisenbahnsignale auf der Grundlage des Versuches. Zeitschr. des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen 1919, Bd. 49 (6), S. 53.
Martin, E. G., Strength tests in Industry. Amer. Journ. of Physiology 1918, Bd. 45, S. 538.
Ders., Muscular Strength and muscular symmetry in human beings. 1. in Children. Ib. Bd. 46, S. 67.
Martin, E. G. u. Rich, W. H., Gleicher Titel. 2. in adult males. Ib. Bd. 47, S. 29; vgl. auch Publ. Health Rep. 1920 (Federwagentest).
Masing, E., Über das Verhalten des Blutdruckes der jungen und der bejahrten Menschen bei Muskelarbeit. D. Arch. f. klin. Med. 1902, Bd. 74, S. 253 u. 270.
Masselon, Psychologie des éléments précoces. Paris 1902.
Matsuoka, Kennosukc, Über die anaerobe Ermüdung des Muskels. Pflügers Arch. 1924, Bd. 202, S. 573. [Es haben sich keine Anhaltspunkte dafür ergeben, daß die anaerobe Ermüdung durch irgend etwas anderes bedingt ist als durch die Anhäufung der Milchsäure im Innern des Muskels.]
Mattauschek, Einiges über die Degenerierung des bosnisch-herzogewinischen Volkes. Jb. f. Psychol. 1908, 29, H. 1, S. 134.
Mc Dougall, W., The Reports of the Cambridge anthropological expedition to Torres Straits 1901, Bd. 2, H. 2, S. 189.
Meumann, E., Intelligenzprüfungen an Kindern der Volksschule. Ztschr. f. exper. Pädagogik, Bd. 1, S. 35.
Ders., Der gegenwärtige Stand der Intelligenzprüfungen mit besonderer Berücksichtigung der Kinderpsychologie. Ib. Bd. 11, H. 1.
Ders., Die wissenschaftliche Untersuchung der Begabungsunterschiede des Kindes und ihre praktische Bedeutung. Kongreßber. des. 1. Kongr. f. Kinderforschung.
Ders., Vorlesungen zur Einführung in die experimentelle Pädagogik. Leipzig, W. Engelmann 1912/14, 3. Bde.
Meyerhof, O., Die chemischen und energetischen Verhältnisse bei der Muskelarbeit. Erg. d. Physiol., 1923, Bd. 22, S 328.
Ders., Atmung und Anaerobiose des Muskels. Bethes Hdb. d. Physiol. 1925, Bd. 8, 1, S. 369. [Dort auch weitere ausführliche Literatur.]
Ders., Thermodynamik des Muskels. Ib. S. 500 (ebenso).
Ders., Theorie der Muskelarbeit. Ib. S. 530 (ebenso).
Michotte, Les signes régionaux. Travaux du Laboratoire de Psychologie experimentale de l'université de Louvain 1905, S. 1—195.
Miesemer, K., Über psychische Wirkungen körperlicher und geistiger Arbeit. Kraepelins psychol. Arbeiten 1902, Bd. 4, S. 375.
Mikulsi, Antoni, Ein Beitrag zur Methodik der Aufmerksamkeitsprüfung. Klinik f. psychische u. nervöse Krankheiten, herausg. v. R. Sommer, Bd. 8, H. 3.
Miles, Walter, R., Static equilibrium as a useful test of motor control. The Journ. of industrial hygiene 1921/22, Bd. 3, S. 316.
Moede, W., Die psychotechnische Eignungsprüfung des industriellen Lehrlings. Praktische Psychologie, herausg. v. W. Moede u. C. Piorkowski, Verlag S. Hirzel, Leipzig. 1. Jahrg. 1919/20, S. 6, 65 mit 127 Abb. u. 3 Tab.
Ders., Psychotechnische Eignungsprüfungen in der Industrie. Prakt. Psychol., 1. Jahrg. 1919/20, S. 339, 365.
Ders., Ergebnisse der industriellen Psychotechnik. Prakt. Psychol., 2. Jahrg. 1921, S. 289.
Ders., Experimentelle Massenpsychologie. Psychotechnische Bibliothek, Bd. 3, Verlag S. Hirzel, Leipzig.

Moede, W., Die Eignungsprüfung im Dienste der Betriebsrationalisierung. Industr. Psychotechnik 1924, 1. Jahrg., S. 3.
Ders., Aufgaben und Leistungen der psychotechnischen Eignungsprüfung. Beiheft z. Zentralbl. f. Gewerbehygiene und Unfallverhütung, Bd. 1, H. 3, S. 49.
Ders., Kraftfahrer-Eignungsprüfungen beim deutschen Heer. 1915—1918. Industr. Psychotechnik, 3. Jahrg., 1926, H. 1, S. 23.
Mosso, A., Über die Gesetze der Ermüdung. Arch. f. Anat. u. Physiol., physiol. Abt. 1890, S. 89.
Ders., Die Ermüdung. Aus dem Italienischen übersetzt v. J. Glinzer, Leipzig 1892.
Motchoulsky, Adèle, Quelques recherches sur les variations de la sensibilité cutanée sous l'influence de certaines causes physiologiques et pathologiques. Thèse inaug. Bern 1900.
Motschukowski, Ein Apparat zur Prüfung der Schmerzempfindung der Haut (Algesimeter). Neurol. Zentralbl. 1895, Bd. 14, S. 145.
Mott, F.W., The Bio-Physics and Bio-Chemistry of Neurose. Brit. med. Journ. 1912, S. 780.
Müller, C., Acut nyresvgdom etc. Tidsskrift f. d. norske Laegeforening 1917, Nr. 11.
Müller, G. E., Über die Maßbestimmungen des Ortssinnes der Haut mittels der Methode der richtigen und falschen Fälle. Pflügers Arch. 1879, Bd. 19, S. 191.
Müller, G. E. u. Schumann, Fr., Über die psychologischen Grundlagen der Vergleichung gehobener Gewichte. Pflügers Arch. 1889, Bd. 45, S. 37.
Müller, H., Eine neue Funktion des inneren Sekretes der Thymusdrüse. Ztschr. f. Biol. 1917, Bd. 67, S. 489.
Müller, L. R., Stand der Lehre vom Sympathikus. D. Ztschr. f. Nervenheilkunde 1912, Bd. 45, S. 313; s. auch Bd. 46.
Müller, Max, Der Begriff der Zellerregbarkeit und seine Beziehung zu den psychischen Funktionen. Correspondenzbl. f. Schweiz. Ärzte 1918, Jahrg. 48, 2. Sem., S. 1035.
Müller, O., Die Kapillaren der menschlichen Körperoberfläche in gesunden und kranken Tagen. Stuttgart, Enke, 1922 (reichhaltige Lit.), s. auch Klin. Wochenschr. 1923, S. 119.
Müller, R., Über Mossos Ergographen mit Rücksicht auf seine physiologischen und psychologischen Anwendungen. Wundts philosoph. Studien 1901, Bd. 17, S. 1.
Münsterberg, H., Experimentalpsychologie der Berufswahl. Ztschr. f. pädagog. Psychol. u. Pathol. 1912.
Ders., Grundzüge der Psychotechnik. 2. Aufl. Leipzig, J. A. Barth, 1920.
Ders., Psychologie des Wirtschaftslebens, 5. Aufl. Leipzig. J. A. Barth, 1922.
Musico, B., Fluctuations in mental efficiency. Brit. Journ. of Psychol. 1920, 10, 4, S. 327.
Myers, Charles S., Industrial psychology in Great Britain. London, Jonathan Cape Ltd. 1925. [Dem Titel entsprechend berücksichtigt das Buch nur englische Literatur. Die Pausenfrage wird auf S. 43, 62—67 u. 76—77 behandelt.]
Naccararati, Sante, The morphologic aspect of intelligence. Archives of psychology, Nr. 45, August 1921. Columbia university contributions to philos. and psychol. New York 1921, Bd. 27, Nr. 2. [Beziehungen zwischen Intelligenz und Kopfindex haben sich ihm nicht ergeben. Dagegen konnte er solche zwischen Intelligenz, Länge und Gewicht feststellen. Die Ursache dieser Beziehungen liegt in der durch das Leben vor der Geburt, während der Kindheit und Pubertät, durch Krankheiten, körperliche und seelische Traumata sowie durch die Umwelt beeinflußbaren Eigenschaft von Hormonen morpho- und neuroregulatorisch zu wirken. Beim mikrosplanchnischen Typus fand er die Intelligenz am ausgeprägtesten.]
Nernst, Walther, Zur Theorie der elektrischen Reizung. Göttinger Nachrichten, math.-phys. Kl. 1899, S. 104; vgl. auch Pflügers Arch. 1908, Bd. 122, S. 275.
Nesterow, A. J., Über Kontraktilität der Blutkapillaren beim Menschen. Pflügers Arch. 1925, Bd. 209, S. 465. [Dort auch die gesamte Literatur über Beschaffenheit der Kapillaren.]
Netter, Hans, Über die Bedeutung elektrokinetischer Potentiale für die Erforschung biologischer Oberflächen. Pflügers Arch. 1925, Bd. 208, S. 16.
Neumann, R., Kapillarstudien mittels der mikroskopischen Kapillarbeobachtungsmethode nach Müller-Weiß. Berl. klin. Wochenschr. 1920, Nr. 35, S. 426.
Neuschloß, S. M., Über die Bedeutung der K-Ionen für den Tonus des quergestreiften Skelettmuskels. Pflügers Arch. 1926, Bd. 213, S. 40, 47.
Niekau, Beobachtungen mit dem Hautkapillarmikroskop. Deutsch. Arch. f. klin. Med. 1920, Bd. 132, H. 5/6, S. 301.
Ders., Ergebnisse der Kapillarbeobachtung an der Körperoberfläche des Menschen. Ergebn. der inner. Med. u. Kinderheilk. 1922, Bd. 22, S. 479.
Nissl, Franz, Die Beziehungen der Nervenzellensubstanzen zu den tätigen, ruhenden und ermüdeten Zellzuständen. Neurol. Zentralbl. 1896, Bd. 15, S. 39.

Noebel, Herm., Die Bedeutung von Form und Reihenfolge bei der Verwendung einer Figurentafel zur Untersuchung des optischen Gedächtnisses. Med. Dissert. Gießen 1920.
Noikow, P. M., Ästhesiometrische Ermüdungsmessungen. Internat. Arch. f. Schulhyg. 1908, Bd. 4, S. 437.
Norden, C. von, Diskussionsbemerkungen zu Embdens Frankfurter Vortrag. Med. Klin. 1919, Nr. 21, S. 522 (Recresal betreffend).
Ders., Therapeutische Halbmonatshefte 1921, H. 3, S. 79 u. H. 4, S. 110 (113f.) (Recresal betreffend).
Noyons, A., About the determination of hardness in muscle. Kon. Akad. van Wetensch. Amsterdam, 12. Jan. 1908.
Ders., Physiological Sclerometry. Ib. 24. Sept. 1910.
Noyons, A. u. v. Uexküll, J., Die Härte der Muskeln. Ztschr. f. Biol. 1911, Bd. 56, S. 167 (s. auch Zwaardemaker).
Obici, G., Influenza del lavoro intellettuale prolungato e della fatica mentale sulla respirazione. Rivista sperimentale di freniatria 1901, 3/4 u. L'année psychol. 1902, Bd. 8, S. 503.
Oehrn, A., Experimentelle Studien über Individualpsychologie. Kraepelins psychol. Arbeiten 1896, Bd. 1, S. 132.
Oekonomakis, Miltiades, Weitere Untersuchungen über die Wirkung der Ermüdung auf die Reflexe. Ztschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 1911, Bd. 6, S. 85.
Offner, Max, Die geistige Ermüdung. Eine zusammenfassende Darstellung des Wesens der geistigen Ermüdung, der Methoden der Ermüdungsmessung und ihrer Ergebnisse speziell für den Unterricht. Programm des Kgl. Ludwigs-Gymnasiums in München 1909; vgl. Ztschr. f. Psychol. Bd. 61, S. 132.
Ogden s. Wyatt.
Ogle, On dextral preeminence. Medico-chirurgical Transactions, London 1876, Vol. 54, 2. Ser. Vol. 36, S. 279.
Oker-Blom, M., Untersuchungen über die Entwicklung der geistigen Leistungsfähigkeit bzw. der Ermüdung im Laufe des Schularbeitstages in den Helsingforser Volksschulen. Ztschr. f. exper. Pädag. 1910, Bd. 10, S. 89, 172, 187.
Ders., Über den Einfluß verschiedenartiger Schulbeschäftigung auf die Ventilation der oberen Lungenteile. Internat. Arch. f. Schulhyg. 1911, Bd. 7, S. 369.
Orenstein, A. D. u. Ireland, H. J., Experimental observations upon the relation between atmospheric conditions and the production of fatigue in mine labourers. The Journ. of industr. Hygiene 1922/23, Vol. 4, S. 31 u. 70.
Oseretzkowsky, A. u. Kraepelin, E., Über die Beeinflussung der Muskelleistung durch verschiedene Arbeitsbedingungen. Kraepelins psychol. Arbeiten 1901, Bd. 3, S. 587.
Otis, Some logical aspects of the Binet scale. Psychol. Review 1916, Bd. 23, S. 129 u. 165.
Ott, Isaac, The interbrain etc. Journ. of nervous and mental diseases 1891, Bd. 16, Jul., S. 433.
Overton, E., Beiträge zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysiologie. Pflügers Arch. 1902, Bd. 92, S. 115.
Ovio, G., Fenomeni della fatica oculare. Archivio di ottalmologia 1897, Bd. 4, S. 277, 360.
Parnas, Jakob, Über das Schicksal der stereoisomeren Milchsäuren im Organismus. Biochem. Ztschr. 1911, 38, S. 53.
Parnas, Jakob u. Wagner, Rich., Über den Kohlehydratumsatz isolierter Amphibienmuskeln und über die Beziehungen zwischen Kohlehydratschwund und Milchsäurebildung im Muskel. Biochem. Ztschr. 1914, 61, S. 387.
Parrisius, W., Zur Frage der Kontraktilität der menschl. Hautpapillaren. Pflüg. Arch. 1921, Bd. 191, S. 47, s. auch Deutsch. Arch. f. klin. Med. 1922, Bd. 141 S. 243 und Klin. Wochenschr. 1923, S. 1881.
Passauer, Über den Einfluß statischer Arbeit auf Ermüdung und Stoffwechsel. Ztschr. f. Hyg. 1925, Bd. 104, S. 33.
Patrizi, M., L'ergographie artificielle et naturelle des membres inférieurs. 4. Congr. de Psychol. Paris 1900.
Perl, H., Die Messung der muskulösen Konstitution mit dem Dynamometer. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankheiten 1916, Bd. 82, S. 1. [1301 Personen: Volks- und Stadtschulkinder, Studenten, Arbeiterinnen wurden mit dem Dynamometer untersucht. Obwohl das Dynamometer für Massenuntersuchungen geeignet zu sein scheint, ist es doch wegen mancherlei dasselbe beeinflussenden Faktoren vorsichtig zu bewerten. Daselbst auch einiges über frühere Messungen mit dem Instrument.]
Pfeiffer, Herm. u. Pregl, Fr., Über das Wesen und die Bedeutung von Weichardts Kenopräzipitin. Ztschr. f. Hyg. 1908, Bd. 61, S. 337.

Philippe, J., A la recherche d'une sensation tactile pure. L'année psychol. 1920/21, Jahrg. 22, S. 171ff.
Phillips, Gilbert E., Mental fatigue. Records of the Education Society Sydney 1920, Nr. 40, 103 S. (Londoner Dissert.).
Ders., The Measurement of general ability. An Australian revision and extension of the Binet-Simon scale. Sydney, Angus & Robertson 1924. [Vorhanden in der Gießener Univ.-Bibl., enthält zahlreiche Proben für das 3.—15. Lebensjahr.]
Piéron, H., Recherches préliminaires sur les signes psychophysiologiques de fatigue. Revue international du travail 1922, Bd. 6, S. 1044 aus Notes et Mém. de l'Institut Lannelongue d'Hygiène sociale 1922, Nr. 3, Paris. F. Alcan.
Piper, H., Weitere Mitteilungen über die Geschwindigkeit der Erregungsleitung im markhaltigen menschlichen Nerven. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1909, S. 491 u. 1914 S. 345. [Abnahme der Amplitude und der Innervationsfrequenz der Aktionsströme.]
Pirath, Carl, Wissenschaftliche Betriebsführung im Eisenbahnbetrieb. Arch. f. Eisenbahnwesen 1924, Bd. 27, S. 283, s. auch 1926, Bd. 49, S. 831.
Plenk, H., Anatomische Grundlage der Kontraktionsfähigkeit der Kapillaren. Med. Klinik 1927, Nr. 51, S. 1992.
Polakov, Walter N., Kohlensäure als Ermüdungsmaßstab. Industr. Psychotechnik 1926, 3. Jahrg., S. 154. [Auszug aus Mechanical Engineering 1925, Bd. 47, Nr. 11a.]
Ponzo, M., Über einen neuen Zirkel für die Bestimmung der simultanen Raumschwellen der Körperhaut. Arch. f. d. ges. Psychol. 1911, Bd. 22, S. 390 (mit Abb.).
Poppelreuter, W., Über die Gesetzlichkeit der praktischen körperlichen Arbeitskurve. Prakt. Psychol. 1923, 4. Jahrg., S. 363.
Ders., Die Arbeitskurve in der Eignungsprüfung. Industr. Psychotechnik 1926, 3. Jahrg., S. 161.
Poyer, G., Activité mentale, travail intellectuel et fatigue. Journ. de Psychol. norm. et pathol. 1921, 18. Année Nr. 4, S. 300. [Gibt allgemeine Übersicht.]
Prandtl, A., Die psychische Leistungsfähigkeit bei wechselnder Disposition. Ztschr. f. Psychol. 1921, Bd. 87, S. 257.
Pratt, F. H., The all or none principle in graded response of skeletal muscle. Amer. Journ. of physiol. 1917, Bd. 44, S. 517.
Prus, J., Über die bei elektrischer Reizung des Corpus striatum und des Thalamus auftretenden Erscheinungen. Wiener klin. Wochenschr. 1899, S. 1199.
Quirsfeld, Zur physischen und geistigen Entwicklung des Kindes während der ersten Schuljahre. Ber. üb. d. 1. internat. Kongr. f. Schulhyg. Nürnberg, Schrag, 1904, Bd. 3, S. 128 und Ztschr. f. Schulgesundheitspflege 1905, Bd. 18, S. 127.
Rakestraw, Norris W., The effect of muscular exercise upon certain common blood constituents. Journ. of biol. Chem. 1921, Bd. 47, Nr. 3, S. 565. [Im Verlauf körperlicher Arbeit soll durch Ermüdung das spez. Gew. und die Viskosität des Blutes zunehmen.]
Ranschburg, P., Untersuchung des Gedächtnisses usw. Monatsschr. f. Psychiatrie und Neurologie, Bd. 10, S. 326 (dort weitere Lit.).
Rasdolsky, Tu., The asymmetry of the Hemispheres of the Brain in Man and Animals. Journ. of nervous and mental diseases 1925, Bd. 62, S. 119.
Rautmann, H., Wirkungen des sportlichen Laufes. Ztschr. f. klin. Med. 1924, Bd. 98, H. 1/4, S. 58.
Redlich, E., Epilepsie und Linkshändigkeit. Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. 1908, Bd. 44, S. 59; Epilepsia 1912, Bd. 3, S. 250.
Regnier, J. B., Description et usage du dynamomètre. Journ. de l'école polytechnique 1798, 5. Cah., Bd. 2, S. 160 und Considérations sur la force musculaire. Paris 1807.
Reijs, J. H. O., Dynomometerproeven. Nederland. Tijdschrift voor Geneeskunde 1921, 1. Heft, Nr. 7 u. Pflügers Arch. 1921, Bd. 191, S. 251ff.
Rein, Herm., Über die Topographie der Wärmeempfindung. Beziehungen zwischen Innervation und rezeptorischen Endorganen. Ztschr. f. Biol. 1925, Bd. 82, S. 513.
Rein, Herm. u. Strughold, H., Untersuchungen über die Raumschwellen der Warmempfindung. Ib. S. 553.
Richet, La vibration nerveuse. Revue scientifique 1899. Déc.
Richter, Helmuth, Einige Versuche zur Feststellung der geistigen und körperlichen Ermüdung durch sportliche Anstrengungen in verschiedenen Trainierungsabschnitten. Veröffentl. a. d. Geb. d. Heeres-Sanitätswesens 1925, H. 7/8, S. 15. Verlag von Hirschwald, Berlin.
Ries, Beitrag zur Methodik d. Intelligenzprüfungen. Ztschr. f. Psychol. 1910, Bd. 56, S. 321.
Riesser, O., Physiologie der Muskeln. Körper und Arbeit, herausg. v. E. Atzler, S. 36ff. Leipzig, Thieme, 1927.

Ritter, C., Über Ermüdungsmessungen. Ztschr. f. Psychol. 1900, Bd. 24, S. 401 u. Ztschr. f. angew. Psychol. 1911, Bd. 4, S. 6 (vgl. Offner).
Rivers, Observations on the senses of the Todas. Britisch Journ. of psychol. 1905, Bd. 1, S. 363.
Ders., Ermüdung und Erholung. Kraepelins psychol. Arbeiten 1896, Bd. 1, S. 378 u. 627.
Röse, C., Beiträge zur europäischen Rassenkunde. Arch. f. Rassen- u. Gesellschafts-Biologie 1905, 2. Jahrg., H. 5/6; 1906, 3. Jahrg. H. 1.
Roesler, Rud., Grundzüge wissenschaftlicher Betriebsführung. München, Oldenbourg, 1922 (deutsche Bearbeitung von F. W. Taylors Principles of scientific management).
Roth, Ermüdung durch Berufsarbeit. Ber. üb. d. 14. internat. Kongr. f. Hyg. u. Demographie. Berlin 1904, Bd. 2, Sect. IV, S. 616.
Roth, O., Experimentelle Studien über die durch Ermüdung hervorgerufenen Veränderungen des Muskelgewebes. Virch. Arch. 1881, Bd. 85, S. 95.
Rouget, Ch., Mémoire sur le développement, la structure et les propriétés des capillaires sanguins. Arch. d. phys. norm. et pathol. 1873, Bd. 5, S. 603 u. Compt. rend. de l'Acad. 1874, Bd. 79, S. 559.
Ders., Sur le structure des capillaires. Compt. rend. des séances de la Soc. de Biol. 1879, Bd. 88, S. 916.
Roux, W., Die Selbstregulation der Lebewesen. Arch. f. Entwicklungsmechanik 1902, 13, H. 4, S. 610.
Ders., Die Selbstregulation. Halle 1914.
Rumpf, Erfahrungen bei der Blutdruckmessung nach Korotkow. D. m. W. 1923, Nr. 3, S. 71.
Rupp, A., Die wissenschaftlichen Grundlagen der Eignungsprüfung. Beihefte zum Zentralblatt f. Gewerbehyg., Bd. 1, H. 3 (dort auch weitere Lit).
Ders., Statistik über Eignungsprüfungen bei den öffentlichen Berufsberatungsstellen Deutschlands. Reichsarbeitsblatt 1926, Nr. 8.
Ryan u. Yates, Tonus of muscles and fatigue. Publ. Health Rep. New York 1919, 34.
Rybakow, Th., Atlas zur experiment. individuellpsychol. Untersuchung. Moskau 1910.
Ryffel, J. H., Experiments on lactic acid formation in Man. Journ. of physiol. 1909, Bd. 39, S. 29.
Sachs, H., Die Träger der experimentellen Eignungspsychologie. Schriften zur Psychologie der Berufseignung und des Wirtschaftslebens, herausg. v. Otto Lipmann u. William Stern, H. 25, S. 34. Leipzig, Joh. Ambr. Barth.
Saffiotti, F. V., Misura dell'intelligenza nei Fanciulli. Roma 1916.
Sakaki, Y., Ermüdungsmessungen in vier japanischen Schulen. Internat. Arch. f. Schulhyg. 1905, Bd. 1, S. 61 u. 99.
Santesson, C. G., Ermüdbarkeit des Muskels und seiner motorischen Nervenendigungen. Skand. Arch. f. Physiol. 1901, Bd. 11, S. 333.
Ders., Über die Bedeutung der Aktionsströme im Muskel. Ib. 1925, Bd. 46, S. 267.
Sarasin, P., Über Rechts- und Linkshändigkeit in der Prähistorie und die Rechtshändigkeit in der historischen Zeit. Verh. d. naturf. Ges. in Basel 1918, Bd. 29, S. 122.
Sarter, A. u. Kittel, Th., Die neue Deutsche-Reichsbahn-Gesellschaft. Ihr Aufbau und ihr Wirken auf Grund der Bestimmungen des Reichsbahngesetzes v. 30. Aug. 1924 usw. Verlag für Politik und Wirtschaft, O. Stollberg u. Co., Berlin (vgl. Glasers Annalen 1925, Nr. 1143, S. 55).
Schackwitz, Alex., Über psychologische Berufs-Eignungs-Prüfungen für Verkehrsberufe. Berlin, Springer, 1920. [Wird im 2. Jahrg. der prakt. Psychol. S. 128 von Moede u. Piorkowski abfällig kritisiert.]
Schad, G., Vergleichende Versuche über Merkfähigkeit bei simultaner und sukzessiver Exposition. Gießener med. Dissert. 1921.
Schäfer, Die Linkshändigkeit in Berliner Gemeindeschulen. Berl. klin. Wochenschr. 1911, S. 295.
Scharnke, Das Verhalten der Sehnenreflexe und der galvanischen Erregbarkeit bei starker sportlicher Ermüdung. Sitzungsber. d. Ges. z. Beförd. d. ges. Naturw. zu Marburg 1925, Nr. 2, S. 63.
Scharnke u. Haeseler, Das Auftreten geistiger Ermüdungserscheinungen im Laufe eines sportlichen Trainings. Sitzungsber. d. Gesellsch. zur Beförderung d. ges. Naturw. zu Marburg 1925, Februar, Nr. 22, S. 59.
Scheiner, Christoph, Oculus, hoc est fundamentum opticum etc. Oeniponti 1619, 2. Aufl. London 1652. [Scheiners Versuch.]
Schenck, T., Über den Verlauf der Muskelermüdung bei willkürlicher Erregung und bei isometrischem Kontraktionsakt. Pflügers Arch. 1900, Bd. 82, S. 384.
Schenk, Paul, Kreislauf und Stoffwechsel bei sportlicher Arbeit. Sitzungsber. d. Ges. zur Beförderung d. ges. Naturw. zu Marburg 1925, Januar, Nr. 1, S. 76.

Schenk, Paul, Körperbaustudien an sporttreibenden und an nicht sporttreibenden Studenten. Ib. S. 18.
Scheven, Zur Physiologie des Kniesehnenreflexes. Pflügers Arch. 1907, Bd. 117, S. 108.
Scheven u. Sternberg, Die Sehnenreflexe. Leipzig 1896.
Schmey, Über Modifikation der Tastempfindung. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1884, S. 309.
Schmitt, E., Unfallstatistik und Psychotechnik im Eisenbahndienst. Industr. Psychotechnik 1926, 3. Jahrg., S. 144 u. 363.
Schmotin, H., Untersuchungen über den Einfluß der Anämie und Hyperämie auf die Empfindungen der Hautsinne. Ztschr. f. Biol. 1909, Bd. 52, S. 189.
Schneider, E. C. u. Truesdell, Dorothy, A statistical study of the pulse rate and the arteriel blood pressure in standing and after a standard exercise. Amer. Journ. of Physiol. 1922, Bd. 61, S. 429.
Schnell, W., Körperliche Erziehung — die tägliche Turnstunde. Ber. üb. d. 46. Jahresversammlung des Deutschen Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege v. 10.—12. Sept. 1925 zu Bonn, S. 66. Urban & Schwarzenberg, Berlin-Wien 1926.
Schnyder, L., Alkohol und Muskelkraft (Versuche mit J. Dubois Ergograph). Pflüg. Arch. 1902, Bd. 93, S. 451, Abb. d. Apparates S. 458.
Scholz, W., Experimentelle Untersuchungen über die Größe von Raumstrecken, die durch Sukzessivdarbietung zweier Reize begrenzt werden. Psychol. Forsch. 1924, Bd. 5, S. 219.
Schrottenbach, H., Beiträge zur Kenntnis der Übertragung vasovegetativer Funktionen im Zwischenhirn. Ztschr. f. d. ges. Neurol. u. Psych. 1914, Bd. 23, S. 431 497 u. 1916, Bd. 33, Heft 3/4.
Schur, H., Mikroskopische Hautstudien am Lebenden. Wiener klin. Wochenschr. 1919, Nr. 50.
Ders., Haut und Hautkapillaren im mikro-episkopischen Bilde. Ztschr. f. angew. Anat. u. Konstitutionslehre 1920, Bd. 5, S. 193.
Schuyten, M. C., Sur les méthodes de mesure de la fatigue des écoliers. Arch. de psychol. 1903, Bd. 2, S. 321.
Ders., Comment doit on mesurer la fatigue des ecoliers? Arch. de Psychol. 1904, Bd. 4, S. 113.
Ders., Over esthesiometrische Variatie bij Kinderen. Paedologiisch Jahrb. 1906/07 (mit französischem Resumé, S. 89).
Ders., Zijn de Schoolkinderen der welstellende Antwerpsche burgers spierkrachtiger dan die der min gegoede bevolking? Ibidem S. 1—53.
Ders., Knijpkrachtvariatie en Verstandsontwikkeling der schoolkinderen. Ibidem S. 1—101.
Scott, Ernest L., The present status of our knowledge of fatigue products. Public health Service, Report Nr. 465. Washington 1918.
Seashore, C. E., Suggestions for tests on Shool Children. Educational Review, Juni 1901, S. 69.
Ders., A method of measuring mental work: The psych. ergograph. University of Iowa Studies in Psychol. 1902, Bd. 3, S. 1; Psychol. Bull. 1904, Bd. 1, S. 97.
Sellheim, W., Diskussionsbemerkung zum Vortrage W. Schnells (s. dort).
Selz, O., Über den Anteil der individuellen Eigenschaften der Flugführer. Zeitschr. f. angew. Psychol. 1919, Bd. 15, S. 254.
Serebrenni, Der Raumsinn der Haut. Dissert. Bonn. 1876.
Sherrington, C. S., The integrative Innervation of the nervous system. New York, Scribner, 1906, S. 103.
Ders., Reflex inhibition as a factor in the coordination of movements and postures. Quaterly Journ. of exper. physiol. 1913, Bd. 6, S. 251.
Siemens, H. W., Einführung in die allgemeine und spezielle Vererbungspathologie des Menschen. 2. Aufl., Berlin 1923.
Ders., Die Zwillingspathologie. Berlin 1924.
Sieveking, Das Ästhesiometer. Arch. f. Heilk. 1863.
Sikorsky, Sur les effets de la lassitude provoquée par les travaux intellectuels chez les enfants de l'âge scolaire. Ann. d'hygiène publ. 1879, Bd. II, S. 758.
Simonson, E., Erholung nach körperlicher Arbeit und Methoden ihrer Messung. Beihefte zum Zentralbl. f. Gewerbehyg. u. Unfallverhütung. Beiheft 7. Arbeit und Ermüdung. Berlin, Springer, 1927, S. 79 und Klin. Wochenschr. 1926, 5. Jahrg., Nr. 50.
Ders., Zur Physiologie des Stehens. Pflügers Arch. 1926, Bd. 214, S. 403.
Ders., Weitere Beiträge zur Physiologie der Erholung bei körperlicher Arbeit. Pflügers Arch. 1927, Bd. 215, S. 716.

Simonson, E., Weitere Beiträge zur Physiologie der Atmung und der Übung. Pflügers Arch. 1927, Bd. 215, S. 752.
Ders., Die Wirkung des Thyreoidins auf den Energieumsatz und auf das Erholungsvermögen. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. 1927, Bd. 120, H. 5/6, S. 276.
Simonson, E. u. Riesser, O., Zur Physiologie der Übung. Pflügers Arch. 1927, Bd. 215, S. 743.
Sippel, H., Der Einfluß des Turnens auf psychische Schülerleistungen. Philos. Inaug.-Dissert. Erlangen 1922 (ungedruckt).
Ders., Der Turnunterricht und die geistige Arbeit des Schulkindes. Beitrag zur Turn- u. Sportwissensch. C. Diem 1923, H. 5.
Ders., Leibesübungen und geistige Leistung. (2. Aufl. der 2. Arbeit). Berlin, Weidmann 1927. [Wenn Sippel auf S. 26 sagt, daß ein Turner nach dem Turnen nicht mehr körperliche Arbeit zu leisten vermöge als vor dem Turnen, so handelt es sich dabei natürlich hauptsächlich um eine Folge muskulärer Ermüdung. Mit der Bemerkung, es sei unzulässig, dieses Ergebnis auf geistige Leistungen zu übertragen, verstößt Sippel gegen die physiologische Tatsache, daß muskuläre Ermüdung auch zentrale Ermüdung hervorzurufen vermag, wodurch kortikale Funktionen Einbuße erfahren. Bekanntlich wirkt auch umgekehrt kortikale Ermüdung hemmend auf die Muskelfunktion. Die Verkennung ersterer Tatsache ist um so auffallender, als Sippel auf S. 37 zugibt, daß durch Turnen als erste Unterrichtsstunde mancher Schüler oftmals für den ganzen Tag im Erfolg seiner Arbeit geschädigt wird, wenn eine Anspannung bis zur Grenze der Leistungsfähigkeit erfolgt. Diese Grenze ist nun aber ein sehr dehnbarer Begriff, weil in hohem Grade von der Individualität abhängig. Bei Turnübungen, die einigermaßen energisch durchgeführt werden — und darin liegt doch ihr Zweck — gibt es stets Personen, die durch dieselben früher und stärker ermüden als andere. Bei beiden aber, bei ersteren mehr als bei letzteren, wird die geistige Leistungsfähigkeit unmittelbar nach den Übungen in ungünstigem Sinne beeinflußt. Was vom Turnen als erster Unterrichtsstunde gilt, trifft für dasselbe auch zu, wenn es zwischen zwei wissenschaftlichen Lehrstunden liegt. — Der von Sippel (S. 122ff.) aufgestellte Unterschied zwischen Arbeit und Schaffen rechnet zwar mit Hemmung und Bahnung und bestimmten Einstellungen, wie Unlust- und Lustgefühlen, berücksichtigt aber nicht die dabei auch in Betracht kommenden physiologischen Ursachen der Erregung und Ermüdung. — Die Sippelschen Rechenversuche, bei denen zweifellos auch der Übungszuwachs eine Rolle spielen kann, den Sippel nach Angabe auf S. 129 nicht berücksichtigt, geben übrigens schon deswegen kein klares Bild, weil die Durchschnittsmenge der addierten Zahlen nach dem Turnen oft nur wenig größer, in einigen Fällen sogar niedriger ist als vor dem Turnen. Da die Durchschnittszahl der Fehler in einigen Fällen nach dem Turnen größer ist als vor dem Turnen, spricht sie nicht zu dessen Gunsten. Hinsichtlich der Wortmethode Sippels habe ich das Bedenken, daß beim Ausfüllen der rechten Spalte der Abteilungen B, C, D nach dem Turnen die vor demselben ausgefüllten linken Spalten das Resultat beeinflussen können. Sippels Ergebnisse mit der Bourdonmethode (Streichen von a, o, u zwischen Vokalen) stehen im Gegensatz zu Ewigs und Wohlfeils Befunden, die damit keine Leistungssteigerung nach Körperübungen erkennen ließen.]
Siwinski, Boleslaw, Experimentelle Untersuchungen über psychische Ermüdung. Klinik f. psychische und nervöse Krankheiten, herausg. v. R. Sommer 1918, Bd. 10, H. 2.
van Slyke, D. D., Stadie, W. C. u. Neill, J. M., The determination of gases in blood and other solutions by vacuum extraction and manometric measurement. Journ. of biol. Chem. 1921, Bd. 49, 1; Ib. 1924, Bd. 61, S. 523; vgl. auch Rockefeller, Institut Hospital Research 1916, S. 377.
Söllheim, F., Taylorsystem für Deutschland. München, Oldenbourg, 1922.
Sommer, Rob., Zur Untersuchung des optischen Gedächtnisses. Jahrb. f. Neurol. u. Psychiatrie 1916, Bd. 20, S. 44.
Sondheim, M., Über Messung der Ermüdung in Reihenbeobachtung nach der Methode der Polyeidoskopie. Gießener med. Dissert. 1923.
Spaeth, Reynold A., The prevention of fatigue in manufacturing industries. The Journal of industrial Hygiene 1920, Bd. 1, Nr. 9, S. 435.
Ders., The Problem of fatigue. Ib. 1919, Bd. 1, Nr. 1, S. 22.
Spalteholz, W., Die Verteilung der Blutgefäße in der Haut. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1893, S. 1 mit 6 Taf.
Spearman, C., Fortschritte auf dem Gebiete der Psychophysik der räumlichen Vorstellungen. Arch. f. Psychol. 1906, Bd. 8, Lit.-Ber. S. 16ff.
Ders., General Intelligence, objectively determined and measured. Amer. Journ. of Psychol. 1904, Bd. 15, S. 201.

Spearman, C. Nature of intelligence and the Principles of cognition. London, Macmillon 1923.
Specht, Wilh., Über klinische Ermüdungsmessungen. Arch. f. d. ges. Psychol. 1904, Bd. 3, S. 245. [Bei Kraepelin, damals in Heidelberg, unternommene Untersuchungen mit der Rechenmethode.]
Speck, Untersuchungen über die Beziehungen der geistigen Tätigkeit zum Stoffwechsel. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. 1882, Bd. 15, S. 81.
Springer, R., Untersuchungen über die Resistenz (die sogenannte Härte) menschlicher Muskeln. Ztschr. f. Biol. 1914, Bd. 63 (N. F. Bd. 45), S. 201.
von Stein, St., Nouveau Dynamometrographe universel et Ergographe et leur importance pour le diagnostic des désordres du labyrinthe de l'oreille. Le physiologiste russe. Moscou 1906, Bd. 4, S. 103.
Stählin, O., Deutsche Erziehungsaufgaben. Deutschlands Erneuerung 1917.
Steinach, E. u. Kahn, R. H., Echte Kontraktilität und motorische Innervation der Blutkapillaren. Pflügers Archiv 1903, Bd. 97, S. 105.
Steinberg, Wilh., Die Raumwahrnehmung der Blinden. München, Verlag v. E. Reinhardt 1920. Ref. Ber. über d. ges. Physiol. 1920, Bd. 1, H. 7, S. 551.
Steiner, G., Über die familiäre Anlage zur Epilepsie. Ztschr. f. d. ges. Neurol. u. Psych. 1914, Bd. 23, S. 315.
Stern, A., Zur ethnographischen Untersuchung des Tastsinnes der Münchener Stadtbevölkerung. Beitr. z. Anthropol. 1895, 11, 3 u. 4.
Stern, Erich, Die Feststellung der psychischen Berufseignung und die Schule. Beihefte zur Zeitschr. f. angew. Psychol., herausg. v. W. Stern u. O. Lipmann. Leipzig, Joh. A. Barth, 1921.
Stern, W., Die psychologischen Methoden der Intelligenzprüfung. Ber. ü. d. 5. Kongr. f. experim. Psychol. Berlin 1912, S. 1.
Sternberg, Dynamometer. Neurol. Zentralbl. 1907, Bd. 26, S. 503.
Sticker, G., Über Versuche einer objektiven Darstellung von Sensibilitätsstörungen. Wiener klin. Rundschau 1897, Nr. 30 u. 31.
Ders., Gesundheit und Erziehung. Gießen, A. Töpelmann, 1903, S. 231.
Stier, Untersuchungen über Linkshändigkeit und die funktionellen Differenzen der Hirnhälften nebst einem Anhang: Über Linkshändigkeit in der deutschen Armee. Jena 1911.
Stöhr, jun., Mikroskopischer Beitrag zur Innervation der Blutkapillaren beim Menschen. Zeitschr. f. Zellforsch. 1926, Bd. 3, S. 431.
Störring, G., Zur Lehre vom Einfluß der Gefühle auf die Vorstellungen und ihren Verlauf. Philos. Studien, Bd. 12, S. 490.
Strack, Betrachtungen über die Bedeutung der angewandten Psychologie für das Eisenbahnwesen. Zeitschr. des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen 1919, S. 259.
Straub, H. u. Meier, Klothilde, Die Alkalireserve der Nierenkranken. Biochem. Ztschr. 1921, Bd. 124, S. 259.
Strauß, W., Grundlagen für eine neue Methode der Ermüdungsmessung. Ztschr. f. Hyg. 1927, Bd. 107, S. 57 (betr. bioelektr. Ströme).
Strughold, Hub., Über Beziehungen zwischen den Raumschwellen und der Verteilung der Druckpunkte auf der Haut des Menschen. Ztschr. f. Biol. 1924, Bd. 82, S. 249; vgl. Ib. 1923, Bd. 78, S. 201.
Süpfle, Karl, Hygiene des schulpflichtigen Alters. Handb. der Hygiene, herausg. v. Rubner und M. v. Gruber, Bd. 4, Abtlg. 1, Leipzig 1912, Hirzel.
Swift, E. J., Sensibility to pain. Amer. Journ. of psychol. 1900, Bd. 11, Nr. 3.
Tannenberg, J. u. Fischer-Wasels, B., Funktion und nervöse Versorgung der Blutkapillaren, in Bethe, v. Bergmann, Embden: Handb. d. physiol. u. pathol. Physiologie, Bd. 7, 2. Hälfte, S. 1517ff. Berlin, Springer 1927. [Dort auch die gesamte einschlägige Literatur.]
Távastjerna, A., Zur Kenntnis der individuellen Schwankungen des Blutdruckes beim gesunden Menschen. Skand. Arch. f. Physiol. 1909, Bd. 21, S. 405.
Taylor, F. W., Shop Management. New York, Harper and Brothers, 1911.
Teljatnik, F. K., О психич. утомл. учащихся. Vjestnik psichiatri-nervopatologie, Petersburg 1897, 12, 293. [Zit. nach Burgerstein, Handb. d. Schulhyg., 2. Aufl., 1902, S. 472.]
Terman, Lewis, Madison, The Measurement of intelligence. London, Harrap. 1919.
Teufel, Über Veränderungen der Sensibilität der Bauchhaut während der Schwangerschaft. Ztschr. f. Biol. 1882, Bd. 18, S. 247.
Thaller, Ludw. u. von Draga, E., Zur diagnostischen Verwertbarkeit der Hautkapillarenuntersuchungen am lebenden Menschen. Wiener klin. Wochenschr. 1917, Nr. 22, S. 686.

Thorndike, Edw. L., Mental fatigue. Psychol. Review 1900, Bd. 7, S. 466 u. 547; Journ. of educational Psychol. 1911, Bd. 2, S. 61.
Ders., An introduction to the theory of mental and social measurements. New York, The science press. 1904.
Thunberg, Untersuchungen über die relative Tiefenlage der Kälte, Wärme und Schmerz perzipierenden Nervenenden in der Haut. Skand. Arch. f. Phys. 1901, Bd. 11, S. 382.
Thurner, Karl, Über den Einfluß von Thymusextrakten auf die Leistungsfähigkeit und Ermüdbarkeit des Säugetiermuskels. Pflügers Arch. 1924, Bd. 202, S. 444.
Tigerstedt, Carl, Der Blutdruck des Menschen bei psychischer Exzitation. Skand. Arch. f. Physiol. 1926, Bd. 48, S. 138.
Ders., Ein Ergograph für die unteren Extremitäten. Skand. Arch. f. Physiol. 1916, Bd. 30.
Tramm, K. A., Die rationelle Ausbildung des Fahrpersonals für Straßenbahnen auf psychotechnischer Grundlage. Prakt. Psychol., 1. Jahrg. 1919/20, S. 18ff. mit 9 Abb. im Text. [Die in Betracht kommenden Wagenführertätigkeiten sind: Bedienungsgriffe, Entfernungs- und Bewegungsschätzen, Vermeidung von Sinnestäuschungen, Schätzen der Lauffähigkeit, Erkennung und Beseitigung von Betriebsstörungen, Gefahrgewöhnung, Signalbeurteilung, Streckenkenntnis.]
Ders., Psychotechnik und Taylorsystem. 1. Bd. Arbeitsuntersuchungen. Eignungsprüfung, Einstellung und Anlernung von Arbeitskräften. Berlin, Springer, 1921.
Ders., Die Bewährung des psychotechnischen Prüfverfahrens für Straßenbahnführer. Industr. Psychotechnik 1924, 1. Jahrg., S. 36. [Von 100 Bewerbern sind durchschnittlich 20 bis 30 als Straßenbahnführer geeignet. Psychotechnisch geprüfte Führer verursachen 40 bis 50% weniger Unfälle und Zusammenstöße als nichtgeprüfte. Von den Unfällen können mindestens 20% durch Personalauslese vermieden werden.]
Ders., Straßenbahnunfälle in Syrups Handb. d. Arbeitsschutzes u. d. Betriebssicherheit, Bd. 2, S. 449 (mit Tafeln für Aufklärungs- u. Erziehungsarbeit im Berliner Straßenverkehr). Verlag v. R. Hobbing, Berlin (ohne Jahreszahl).
Ders., Die Verhütung der Unfälle durch Propaganda. Industr. Psychotechnik 1924, 1. Jahrg., S. 148. (Dort S. 153 Unfallverhütungstabelle mit 4 Zeichnungen über Unfalleintritt nach Zeiten.)
Treves, Z., Über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnis die Ergographie betreffend. Pflügers Arch. 1902, Bd. 88, S. 7.
Ders., Dans quelle mesure peut-on, par des méthodes physiologiques, étudier la fatigue. 13. internat. Congr. f. Hyg. u. Demogr. Brüssel 1903, 5. ser. 4, 3, S. 37 (ib. auch weitere Arbeiten desselben Autors).
Ders., Le travail, la fatigue et l'effort. L'année psychologique 1906, Bd. 12, S. 34 (ib. auch weitere Arbeiten desselben Autors).
Ders., Experimentelle Untersuchungen über die Grundlage des Vergleichs gehobener Gewichte. Pflügers Arch. 1907, Bd. 121, S. 327.
Tümpel, Über die Versuche die geistige Ermüdung durch mechanische Messungen zu untersuchen. Ztschr. f. Philos. u. Pädag. 1898, Bd. 5 (Verkennung des Wesens ästhesiometrischer Versuche).
Uffenorde, W., Zur Prüfung des Hörnervenapparates mit der C-Stimmgabel. Dtsch. med. Wochenschr. 1922, Nr. 4, S. 112.
Vannod, Th., La fatigue intellectuelle et son influence sur la sensibilité cutanée. Genève 1896.
Ders., La méthode esthésiométrique pour la mensuration de la fatigue intellectuelle. Ber. über d. 1. internat. Kongr. f. Schulhyg. Nürnberg 1904, Bd. 2, S. 249.
Ders., Les différentes méthodes de la mensuration de la fatigue intellectuelle. Jb. d. Schweizerischen Ges. f. Schulgesundheitspflege 1904, Jahrg. 5, S. 368.
Vaschide, N., Les rapports de la circulation sanguine et la mesure de la sensibilité tactile. Compt. rend. de l'Acad. Paris 1904, Bd. 139, Nr. 10, S. 486.
Ders., Les recherches expérimentales sur la fatigue intellectuelle. Revue philos. 1905, Bd. 5, S. 4.
Veraguth, O., Das psychogalvanische Reflexphänomen. Berlin 1909; vgl. auch Handb. d. inn. Med., herausg. von Bergmann u. Staehelin 1925, Bd. 5, Teil 1, S. 910.
Vernon, H. M., An Investigation of the factors concerned in the causation of industrial accidents. Ministry of Munitions. Health of Munition Workers Committee. London 1918, Memorandum Nr. 21.
Ders., Industrial fatigue and efficiency. London, Routledge & Sons und New York, Dutton & Co., 1921.
Ders., The causation of industrial accidents. The Journ. of industr. hyg. Published by Harvard medical School, Boston, Mass., 1923/24, Bd. 5, S. 14.
Ders., s. auch Wyatt.

Vernon, H. M. and Osborn, E. E., The influence of temperature and other conditions on the frequency of industrial accidents. Industr. Fatigue Board Rep. 19, Stationery office London 1922, S. 5.
Dies., Two Contributions to the Study of Accident Causation. Industr. Fatigue Board Rep. Nr. 19, London, Stationery Office 1922.
Verworn, Max, Die Biogenhypothese. Jena 1903 u. Allg. Physiol. Ib. 1915, 6. Aufl., S. 601.
Ders., Erregung und Lähmung. Jena 1914.
Verzàr, F., Gaseous metabolism of striated muscle. Journ. of physiol. 1912, Bd. 44, S. 243.
Ders., Influence of lack of oxygen on tissue respiration. Ib. 1912, Bd. 45, S. 39.
Ders., Die Änderung der Polarisierbarkeit der Nerven durch die Erregung. Pflügers Arch. 1913, Bd. 152, S. 279.
Vierordt, Lit. s. S. 415.
Villiger, Die Feststellung der Schulreife. Ztschr. f. Schulgesundheitspflege 1920, S. 289.
Vimtrup, Bj., Beiträge zur Anatomie der Kapillaren. Ztschr. f. Anat. u. Entwicklungsgeschichte 1922, Bd. 65, S. 150 u. 1923, Bd. 68, S. 469.
Volkmann, Lit., s. meine Arbeit von 1895.
Wacher, Leonh., Anoxybiotische Vorgänge im Muskel. Pflügers Arch. 1916, Bd. 163, S. 491; s. auch Biochem. Ztschr. 1920, Bd. 107, S. 117.
Walinski, Franz, Der Einfluß des Trainings auf die Alkalireserve im menschlichen Blut. Veröffentl. a. d. Geb. d. Heeres-Sanitätswesens. Berlin, Hirschwald, 1925, H. 78, S. 37.
Waller, A. D., s. Polakov.
Wallichs, A., Taylorsystem und Achtstundentag. Zürich, Organisator A.-G., 1925.
Weber, Ernst Heinr., Annotaciones anatomicae et physiologicae. Lips. 1829, Prol. VII—XXII.
Ders., Der Tastsinn und das Gemeingefühl. Der Ortssinn der Haut. R. Wagners Handwörterbuch der Physiologie. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1846, Bd. III, Abt. 2, S. 481ff.; als Sonderdruck auch Braunschweig, Vieweg, 1851, auch in Ostwalds Klassiker der exakten Wiss, Leipzig 1905, Nr. 149.
Weber, Ernst, Einwirkung der Großhirnrinde auf Blutdruck und Organvolumen. Arch. f. Anat. u. Physiol., physiol. Abtlg. 1906, S. 495 (Versuche an Tieren).
Ders., Die Ursache der Blutverschiebung im Körper bei verschiedenen psychischen Vorgängen. Arch. f. Anat. u. Physiol., physiol. Abt. 1907, S. 293.
Ders., Über Gegensätze im vasomotorischen Verhalten der äußeren Teile des Kopfes und des übrigen Körpers bei Mensch und Tier. Ib. 1908, S. 189. (Bei Reizung peripherer sensibler Nerven neigen die Gefäße aller peripheren Körperteile zur Verengerung, nur am Kopf sollen sie sich erweitern.)
Ders., Die willkürlich verschiedene Gefäßinnervation beider Körperseiten. Ib. 1909, S. 359.
Ders., Die Beeinflussung der Blutverschiebungen bei psychischen Vorgängen durch Ermüdung. Ib. 1909, S. 367.
Ders., Ein automatischer Regulationsmechanismus der Empfindungsstärke. Ib. 1910, S. 451.
Ders., Zur fortlaufenden Registrierung der Schwankungen des menschlichen Blutdruckes. Die Änderung des Blutdruckes durch Bewegungsvorstellung. Ib. 1913, S. 206.
Ders., Der Einfluß psychischer Vorgänge auf den Körper. Berlin 1910.
Ders., Physiologische Begleiterscheinungen psychologischer Vorgänge. Lewandowskys Handb. d. Neurol., Bd. 1, S. 427.
Ders., Plethysmographische Untersuchungen bei körperlicher Arbeit. Münch. med. Wochenschr. 1918, Nr. 36.
Ders., Das Verhältnis von Bewegungsvorstellung zur Bewegung bei ihren körperlichen Allgemeinwirkungen. Monatsschr. f. Psychiatrie u. Neurol. 1906, Bd. 20, S. 528.
Ders., Über Selbständigkeit des Gehirns in der Registrierung seiner Blutversorgung. Ib. 1908, S. 457. (Reizung sensibler Nerven beeinflußt die Weite der Hirngefäße, unmittelbar im Anschluß an den Reiz tritt Erweiterung, kurz darauf Verengerung ein.)
Ders., Fortschritte in der Ermüdungsmessung. Störungen des Blutkreislaufes bei Muskelermüdung, zugleich eine neue Methode zur Bestimmung der vorteilhaftesten Arbeitsgrenze bei Muskelarbeit. Prakt. Psychol., 2. Jahrg. 1921, S. 99.
Weichardt, Wolfg., Über das Ermüdungstoxin und -antitoxin. Münch. med. Wochenschrift 1904, Nr. 48, S. 2121.
Ders., s. Jahresber. ü. d. Ergebn. d. Immunitätsforsch. 1905, Bd. 1.
Ders., Eiweißabspaltungsantigen von Ermüdungstoxincharakter usw. Zentralbl. f. Bakt., Orig.-Bd. 43, H. 4.

Weichardt, Wolfg., Über Ermüdungstoxine und deren Hemmungskörper. Vortrag, gehalten auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Stuttgart 1906; vgl. auch Med. Klin. 1906, Nr. 44.
Ders., Training im Lichte der modernen Immunitätslehre. Festschrift f. J. Rosenthal (Erlangen). Leipzig, Thieme, 1906.
Ders., Ermüdungs- und Übermüdungsmaßmethoden, mit besonderer Berücksichtigung der schulhygienischen Untersuchungen. Vierteljahrsschr. f. Gesundheitspflege 1907, S. 324.
Ders., Über die Kenopräzipitinreaktion. Ztschr. f. Hyg. 1908, Bd. 61, S. 351.
Ders., Über Ausatemluft. Arch. f. Hyg. 1908, Bd. 65, S. 252.
Ders., Über Ermüdungsstoffe. Stuttgart, Enke, 1910.
Weichardt u. Lindner, Arbeitshygienische Untersuchungen. Arch. f. Hyg. 1916, Bd. 86, S. 109; vgl. auch Lindners Sammelreferat in der Ztschr. f. angew. Psychol. 1920, Bd. 17, S. 173.
Weiler, Messungen mit dem Dynamometer. Kraepelins Psychol. Arbeiten 5, S. 528.
Ders., Zur Untersuchung der Auffassungs- und Merkfähigkeit. Jahresvers. der. dtsch. Ver. f. Psychiatrie in Stuttgart 1911, 21./22. Mai. [Ref. Nèurol. Zentralbl. 1911, S. 635.]
Weiß, E., Beobachtung und mikrophotographische Darstellung der Hautkapillaren am lebenden Menschen. D. Arch. f. klin. Med. 1916, Bd. 119, S. 1. Münch. med. Wochenschr. 1916, S. 925.
Ders., Zur Morphologie und Topographie der Hautkapillaren. Ztschr. f. experim. Pathol. u. Therapie 1921, Bd. 22, S. 108.
Ders., Über mikroskopische Kapillarbeobachtung. Wiener klin. Wochenschr. 1920, Nr. 28, S. 840.
Wells, F. L., A neglected measure of fatigue. Amer. Journ. of Psychol. 1908, Bd. 19, S. 345; s. auch Normal performance in the tapping test. Ib. Oktober und Sex differences in the tapping test. Ib. S. 437.
Wells, F. L., Kelley, C. M. u. Murphy, Gardner, On attention and simple reaction, Journ. of experim. Psychol. 1921, Bd. 4, Nr. 5, S. 391.
Westphal, A., in Binswangers und Siemerlings Lehrbuch der Psychiatrie, 4. Aufl., S. 136. Verlag G. Fischer, Jena 1914.
Weygandt, W., Über den Einfluß des Arbeitswechsels auf fortlaufende geistige Arbeit. Psychol. Arbeiten 1897, Bd. 2, S. 118. [Durch geistige Arbeit verschiedener Art wird Ermüdung nicht aufgehoben.]
Widowitz, J., Über die geistige Ermüdung der Schulkinder. Wiener klin. Wochenschr. 1904, S. 277, 306.
Wimms, J. H., The relative effects of fatigue and practice produced by different kinds of mental work. British Journ. of Psychology 1907, Bd. 2, S. 153.
Winch, W. H., Some measurements of mental fatigue in adolescent pupils in evening schools. Journ. of educational Psychol. 1910, Bd. 1, S. 13 und 83.
Ders., Mental fatigue in Day School Children as measured by immediate memory. Ib. 1912, Bd. 3, S. 18 und 75; s. auch British Journ. of psychol. 1911, Bd. 4, S. 315.
Winteler, J., Experimentelle Beiträge zu einer Begabungslehre. Ztschr. f. experim. Pädag. 1906, Bd. 2, S. 392, 428.
Winterstein, H., Über die Ermüdung. Med. Klin. 1906, N. 48, S. 1261 u. Nr. 49, S. 1290. [Bespricht auch die Weichardtsche Ermüdungstheorie.]
Wissler, The correlation of mental and physical tests. Psychological Review; Monograph. Supplement 1901; 3, S. 325 u. 365.
Witte, J. M., Taylor-Gilbreth-Ford: Gegenwartsfragen der amerikanischen und europäischen Arbeitswissenschaft. München, R. Oldenbourg, 1914, 2. Aufl. 1925. [Verfasserin warnt vor voreiliger und bedingungsloser Einführung der amerikanischen Verfahren in die deutsche Industrie und stimmt mit anderen Arbeitswissenschaftlern darin überein, daß man auf Durchgeistigung der Arbeit und auf „Beseelung" statt „Entseelung" der Arbeiter hinstreben müsse.]
Ders., Kritisches des Zeitstudienverfahrens, mit 2 Tafeln. Berlin, Springer, 1921.
Wolf, Fr., Ermüdung und Übermüdung. Experim. Untersuchungen an Jenaer Studenten. Arch. f. Hyg. 1922, Bd. 91, S. 99.
Wolfensohn-Kriss, Frau P. (Odessa), Über den Blutdruck im Kindesalter. Arch. f. Kinderheilk. 1910, Bd. 53, S. 332.
Wolff-Eisner, Über Ermüdungs- und Reduktionstoxine. Zentralbl. f. Bakteriol., Orig.-Bd. 40, S. 634.
Wundt, Wilh., Grundzüge d. physiolog. Psychologie. 3. Bde., Leipzig, Engelmann 1910/11.

Wyatt, S., Ogden, A. O., Vernon, H. M., Bredford, T., Two Studies on Rest Pauses in Industry. Reports of the industrial fatigue Research Board, Vol. 25.
Wyatt, S. u. Ogden, A. O., Notes on an experiment on Rest Pauses. Reports of the industr. fatigue Research Board, Vol. 26.
Yoakum, C. S., An experimental Study of fatigue. The university of Chicago Press 1909, 3 u. Psychol. Review, Monogr. Suppl. 1909, Nr. 46.
Young, W. J., Breinl, A., Harris, J. J., Osborne, W. A., Effect of Exercise and humid Heat upon Pulse Rate, Blood Pressure, Body Temperature and Blood Concentration. Proceedings of the Royal Society of London, Ser. B., 1920, Bd. 91, S. 111—126.
Ziehen, Th., Zur Methodik der Sensibilitätsuntersuchung. Med. Klin. 1910, Nr. 25.
Ders., Die Prinzipien und Methoden der Intelligenzprüfung. 3. Aufl., Berlin, Karger, 1911.
Ders., Leitfaden der physiologischen Psychologie. Jena, Fischer, 10. Aufl. 1914, S. 382; 12. Aufl., 1924, S. 495 [betreffs Bourdonmethode].
Zieler, A., Wie verändern sich die körperlichen Leistungen der Schüler an den verschiedenen Tageszeiten durch Einwirkung des Schulunterrichtes. Pädag.-psychol. Arbeiten des Leipziger Lehrervereins 1911, Bd. 2.
Zimmermann, K. W., Der feinere Bau der Blutkapillaren. Berlin, Springer 1923; s. auch Ztschr. f. Anat. u. Entwicklungsgeschichte 1923, Bd. 68, S. 29.
Zondek, Bernhard, Der ermüdende Einfluß von rein psychischer, affektloser Arbeit auf den peripheren Teil der Muskelarbeit. Arch. f. Physiol. 1916, H. 5/6, S. 360.
Zoneff, P. u. Meumann, E., Über Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge auf Atem und Puls. Wundts philos. Studien 1903, 18, S. 1. [Bei anhaltender Konzentration der Aufmerksamkeit treten Hemmungen der Atmung und Herzbewegung ein, läßt die Aufmerksamkeit nach, so nehmen Atemgröße und Pulsfrequenz wieder zu. Lustgefühle bewirken Pulsverlangsamung, Verflachung und Beschleunigung der Atmung. Unlustgefühle und geistige Ermüdung erzeugen Pulsbeschleunigung.]
Zoth, O., Ergographische Versuche über die Erholung des Muskels. Pflügers Archiv 1906, Bd. 111, S. 391 mit Taf. VII bis XI.
Ders., Über die Form der Arbeit am Mossoschen Ergographen. Ib. Bd. 112, S. 311,
Ders., Ergographie und Ergometrie. Abderhaldens Handb. d. biol. Arbeitsmethoden Abt. V., T. 5,A, Lieferung 63, S. 170.
Zuntz u. Schumburg, Studien zu einer Physiologie des Marsches. Bibliothek: Koler, Sammlung von Werken aus dem Ber. d. med. Wissensch. unter bes. Berücksichtigung der militärmedizinischen Gebiete. Herausg. v. O. Schjerning, Bd. 6. Berlin, Hirschwald, 1901.
Zwaardemaker, H. u. Lans, Über ein Studium relativer Unerregbarkeit als Ursache des intermittierenden Charakters des Lidschlagreflexes. Zentralbl. f. Physiol. 1900, Bd. 13, S. 325.
Zwaardemaker, H., Sur une phase réfractaire du reflex du déglutition. Arch. internat. de Physiol. 1904, Bd. 1.
Ders., Sensorische Härte. Internat. Physiologenkongreß, Wien 1910 [s. auch Noyons u. v. Uexküll].
Ders., Onderzockingen gedaan in het physiologisch Laboratorium der Rijksuniversiteit te Utrecht. 1927. Zesde Reeks, Deel 7, S. 4, 21, 386 (s. auch H. Griesbachs Festschrift. Gießen, A. Töpelmanns Verlag, 1925, S. 131).
Ders., Über die Bedeutung der Radioaktivität für das tierische Leben. Erg. d. Physiol. 1926, Bd. 25, S. 535.
Ders., Über das Erwachen des durch Kaliumentziehung zur Ruhe gekommenen Herzens durch die Bestrahlung des Radiums. Pflügers Arch. 1927, Bd. 215, S. 460.

Nachtrag

Hinsberg, Karl, Über den Einfluß von Phosphat auf den Sauerstoffverbrauch bei der Arbeit. Ztschr. f. d. ges. experim. Medizin 1928, Bd. 59, S. 262. [Einen Nachweis für die Zurückhaltung körperlicher Ermüdung bei Recresalverabreichung will H. während der Betätigung am Fahrradergometer durch Stoffwechseluntersuchungen bei der Atmung mittels der Douglas-Sackmethode erbracht haben.]

Spezielle schulhygienische Untersuchungsmethoden.

Von

Privatdozent Dr. **H. Kliewe**, Heidelberg.

Mit 7 Abbildungen im Text.

A. Methoden der Körpermessungen am Lebenden unter besonderer Berücksichtigung des schulpflichtigen Alters.

In der Schulgesundheitspflege ist die Feststellung von Größe und Gewicht der Schulkinder ein wichtiger Maßstab für die Beurteilung ihrer Gesundheit. Eine richtige Würdigung der Körpermaße kann aber nur erfolgen, wenn bestimmte Normen vorliegen. Als solche Normen können wir die Körpergröße und das Gewicht eines gesunden, normal entwickelten Kindes von bestimmtem Alter und Geschlecht ansehen. Wir müssen uns aber bewußt bleiben, daß diese Norm ein Ideal ist, dem die tatsächlichen Verhältnisse nur zum Teil entsprechen. Werden bei Schülern Messungen vorgenommen, so findet sich immer nur ein Bruchteil von ihnen, die der Norm entsprechen, die anderen zeigen Unterschiede nach oben und unten. Diese „anormalen" Kinder können jedoch den der Norm entsprechenden konstitutionell und gesundheitlich völlig gleichwertig sein, da die Abweichungen durch Rasseneigentümlichkeit, Abstammung, Umgebung und andere Faktoren bedingt sein können. Nach dem Gesetz, die mittleren Werte sind zugleich die häufigsten, können wir bei genügend großem Beobachtungsmaterial aus dem arithmetischen Mittel oder aus den beiden nächstliegenden Abweichungen nach oben und unten den Normalwert errechnen. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, für jeden Schüler zu entscheiden (Individualmethode), inwieweit sein Längenwachstum oder sein Gewicht von den Durchschnittsziffern seines Alters und Geschlechts nach oben oder unten abweicht. In derselben Weise läßt sich aus dem Vergleich des arithmetrischen Mittels der Körperlänge und des Gewichts sämtlicher Schüler einer Klasse oder eines Jahrganges (Kollektivmethode) mit der Normzahl bestimmen, ob die Gesamtentwicklung dieser Kinder übernormalen oder unternormalen Werten entspricht. Immer sollte jedoch neben dem arithmetischen Mittel wenigstens die prozentuale Verteilung der Varianten auf die einzelnen Klassen von Größe und Gewicht, der häufigste Wert und der Variationskoeffizient angegeben werden, erwünscht sind noch Median, Quartile, mittlere quadratische Abweichung und mittlerer Fehler des arithmetischen Mittels oder kurvenmäßige Darstellung (vgl. Gotschlich, Allgemeine Methodik, Bd. 1, S. 31 und Lenz, Methoden der menschlichen Erblichkeitsforschung in Bd. 3 dieses Handbuchs).

Bei der Festsetzung der Normzahlen ist jedoch noch zu beachten, daß sich die Maßzahlen bei beiden Geschlechtern mit zunehmendem Alter verändern. Ihre Zu- oder Abnahme erfolgt nicht nach einfach parallel verlaufenden, sondern nach ganz verschiedenen Gesetzen, wie das besonders im unterschiedlichen Wachstum von Knaben und Mädchen im bisexuellen Alter (8.—20. Lebensjahr) beobachtet werden kann.

I. Perioden im Wachstum und Gewicht des jugendlichen Organismus.

Mit Längenwachstum bezeichnen wir die Ausdehnung in einer Richtung des Raumes, in die Höhe, bei Vermehrung des Gewichts kann eine Zunahme in Länge, Breite und Dicke, also in 3 Dimensionen erfolgen. Demnach sollte man annehmen, daß übereinstimmend mit der Zunahme der Länge in einer linearen Einheit eine solche des Gewichts in der 3. Potenz einherginge. Dem ist aber, wie bereits oben erwähnt, nicht so und kann auch nicht so sein, da der Körper unsymmetrisch gestaltet ist und die einzelnen Körperteile in den verschiedenen Altersstufen ungleichmäßig wachsen. Aus nachstehender Tab. 1 ist die verschiedene Wachstumsgröße einzelner Körperteile von der Geburt bis zur Beendigung der Reifezeit zu erkennen.

Ähnliche Beobachtungen liegen bei den inneren Organen vor. Im allgemeinen ist im 6. und 7. Lebensjahr die Gewichtsentwicklung des Gehirns beendet, wenn auch die feineren Differenzierungen noch nicht abgeschlossen sind. Leber und Nieren wachsen parallel mit dem Gesamtgewicht des Körpers. Sogar eine sprungweise Zunahme des Körpergewichts, namentlich im 14. Lebensjahre, hat auch eine Zunahme dieser Organe zur Folge. Beim Herzen und bei den Lungen beobachten wir ein stetiges Wachstum, jedoch sehen wir im schulpflichtigen Alter gegenüber dem Gewichtswachstum ein Zurückbleiben, in der Pubertätszeit ein sprungweises Ansteigen (Beneke).

Im allgemeinen nimmt das Wachstum beinahe geradlinig zu. Genauere Messungen zeigten aber, daß selbst im Zeitraume eines Jahres das Längenwachstum nicht dauernd, sondern sprungweise sich vollziehen kann. Und zwar erfolgt in der ersten Hälfte eines Jahres eine geringere Gewichtszunahme als in den Monaten Juli bis Januar, am deutlichsten tritt sie im Dezember auf. Im entgegengesetzten Sinne verhält sich die Längenzunahme, die von September bis Januar sehr gering ist, von Februar bis Juni langsam und im Juli bis August am stärksten ausfällt (Schmid-Monnard). Wodurch dieses unterschiedliche Wachstum bedingt ist, ob durch biologische, klimatische oder andere Einflüsse, steht nicht fest.

Tabelle 1 (nach J. Müller).

Die Wachstumsgröße von der Geburt bis zur Beendigung der Reifezeit beträgt:

bei der Körperlänge	durchschnittlich	240 %
bei der Kopfhöhe (Entfernung des Scheitels vom Unterrand des Kinnes)	„	75 %
bei der Rumpflänge (Entfernung des oberen Brustbeinrandes vom oberen Rand der Schoßfuge)	„	188 %
bei der Beinlänge	„	400 %
bei der Armlänge	„	265 %

Die Körpermasse nimmt in der gleichen Zeit, durch das Gewicht ausgedrückt, zu:

bei Knaben	durchschnittlich	1962,5%
bei Mädchen	„	1642 %

Deutlicher tritt das Sprunghafte im Wachstum hervor, wenn größere Zeiträume miteinander verglichen werden. Man hat versucht, von gesetzmäßig abwechselnden Perioden der Streckung (Stratz, Bartels), mit stärkerer Zunahme der Körperlänge, und der Fülle, mit langsamerem Längenwachstum aber größerem Breitenwachstum zu sprechen. Die erste Streckung sollte im Anschluß an die Zeit der 1. Fülle (2.—4. Lebensjahr) im 5.—7. Jahre, die 2. Streckung im 11.—16. Lebensjahr (bei Knaben im 14.—16., bei Mädchen im 12.—14. Lebensjahre) einsetzen. Indes muß hervorgehoben werden, daß eine genaue Abgrenzung beider Perioden den Tatsachen nicht immer entspricht. Nur die sogenannte 2. Streckung mit dem plötzlich stärker einsetzenden Längenwachstum ist unverkennbar. Doch ist auch diese sicherlich abhängig von der Rassenzugehörigkeit, von individuellen Eigenschaften, von sozialen Einflüssen usw.

Im allgemeinen schwankt das Gewicht bei 6jährigen Kindern zwischen 15 und 25 kg, im Durchschnitt beträgt es etwa 20 kg. Bei einer jährlichen Zunahme von 2—2,5 kg soll am Ende der ganzen Schulzeit (14. Lebensjahr) das Gewicht bei Knaben um 19,6, bei Mädchen um 21,2 kg zugenommen haben. Im 4. Lebensjahr ist die Gewichtszunahme am geringsten, eine besondere Erklärung hierfür ist nicht anzugeben. Vom 11. Lebensjahr ab zeigen die Mädchen eine größere Gewichtszunahme als die Knaben, nach dem 14. Lebensjahr aber übertreffen die Knaben die gleichaltrigen Mädchen (vgl. Fig. 2).

Die Größe der 6jährigen Kinder beträgt etwa 90—125 cm. Kinder unter 100—110 cm sollen noch nicht in die Schule aufgenommen werden, da sie der später zu erörternden Forderung, das Auge beim Lesen und Schreiben 35 cm vom Buch oder Heft entfernt zu halten, nicht genügen können. Die Durchschnittsgröße der Schulanfänger beträgt etwa 110—115 cm, die Größenzunahme in einem Jahr etwa 4—9 cm (vgl. Fig. 2a), vom 14. Lebensjahr ab zeigen die Knaben ein stärkeres Wachstum als die Mädchen. Dieser Vorsprung bleibt auch dauernd bestehen. Ähnliche Beobachtungen liegen von Stephenson-Dukes vor, die zahlreiche statistische Aufstellungen über Wachstum und Gewicht von Knaben und Mädchen der englischsprechenden Rasse von England und Nordamerika machten. Die Maßzahlen Erwachsener s. S. 474.

Ganz eindeutig ergibt sich aber aus vorstehenden Tatsachen, daß Längen- und Gewichtszunahme nach verschiedenen Gesetzen und zeitlich ganz unabhängig voneinander erfolgen. Aus diesem Grunde sind wohl alle Messungen, die Zunahme von Größe und Gewicht auf den einzelnen Lebensstufen zur Feststellung der normalen Entwicklung usw. in eine allgemein gültige Formeln kleiden, nur beschränkt brauchbar, und keine der bisher verwendeten Formel ist weder mathematisch noch biologisch so eindeutig, daß sie als einzig brauchbare Anwendung finden könnte.

Einflüsse von Schule, Rasse und Umwelt auf Wachstum und Gewicht des jugendlichen Organismus.

Der Aufenthalt des Kindes in der Schule während eines großen Teiles seiner Entwicklungsperiode kann nicht ohne Einfluß auf den jugendlichen Organismus bleiben. Während das Kind vor dem Schuleintritt sich ungezwungen herumtummeln konnte, muß es später täglich mehrere Stunden ruhig sitzen und mit erhöhter Aufmerksamkeit dem Unterricht folgen. Zahlreiche Untersuchungen stellten deshalb auch eindeutig den ungünstigen Einfluß der Schulzeit auf die Entwicklung und die Gesundheit

des Kindes fest. Durch das länger dauernde Sitzen ermüden die noch schwach entwickelten Rückenmuskeln, ferner wählen die Kinder beim Sitzen hauptsächlich die Bauchatmung. Als Folge davon wird die ganze Atmung oberflächlicher, und die Lungenspitzen werden weniger stark durchlüftet. Hierdurch und durch die fehlerhafte Beinhaltung im Sitzen wird auch der Blutumlauf verlangsamt und damit eine Disposition für die verschiedensten Erkrankungen gegeben. Dieser Einfluß der Schule macht sich besonders bei den Schulanfängern in den ersten 2 Jahren bemerkbar (Schmid-Monnard, Hertel u. a.), doch wird er nicht immer und überall beobachtet (Dukes). Deshalb muß der Übergang zur Schulerziehung nur allmählich erfolgen; dieses wird am besten erreicht, wenn die Kinder im ersten Schuljahr täglich nur 2—3 Stunden unterrichtet werden und alle sonstigen gesundheitlichen Maßnahmen (ärztliche Überwachung, Bäder, Schulspeisungen, Unterricht im Freien usw.) in Anwendung kommen.

Von maßgebendem Einfluß auf das Längenwachstum und auf die Gewichtszunahme ist auch die Rassenzugehörigkeit, darum können die Werte rassenverschiedener Länder oder Völker nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden. (Nachstehende Tab. 2 gibt eine Übersicht über die Größe der Menschen bei voll erwachsenen Männern verschiedenster Völker.) Große und kleine Rassen hat es immer gegeben und auch heute noch sind die Menschen einer Rasse im Durchschnitt so groß wie früher. Die Bajuvaren der Völkerwanderung mit 168,5 cm Größe waren nicht größer als die stärker mischrassigen Bayern gleicher Gegend, und die am Mittelrhein ansässigen fast rein germanischen Karolinger mit etwa 168 cm Größe waren nicht größer als die heutigen rassenhaft stark gemischten Bewohner in derselben Gegend. Die Zahl der großen Sippen ist allerdings heute etwas geringer als bei den alten Germanen, wie Messungen in der deutschen Armee ergeben haben. Als Grund hierfür ist wohl anzugeben, daß die früher geübte planmäßige Auslese und systematische Hochwuchszüchtung für den Kriegsadel jetzt fortfällt, so daß das Volk sich ohne Auslese schrankenlos vermehren konnte. Aber dennoch wurde bei der Rekrutierung vor dem Kriege festgestellt, daß in den letzten 40—50 Jahren die durchschnittliche Länge in Baden um 1,2 cm (Ammon), in Schweden um etwa 2 cm (Arbo), in Dänemark um etwa 3,5 cm (Mackeprang) zugenommen hat (Hueppe, Schwiening). Bei den amerikanischen Studenten wurde in den letzten 5 Jahren vor dem Kriege eine Zunahme der Körpergröße von durchschnittlich 1,5 Zoll festgestellt. Auch die Wachstumszahlen unserer Schulkinder, an älteren und neueren Zahlen beobachtet, sind in den letzten Jahrzehnten günstiger geworden (Rößle und Böning). Allerdings wurden Größenunterschiede bei den Kindern verschiedenster Gegenden Deutschlands, einem Lande, in dem zahlreiche Rassen gemischt sind, immer schon beobachtet. Dieses zeigt deutlich ein Vergleich der größeren und schlankeren Schuljugend der Küstenbevölkerung Norddeutschlands mit den durchschnittlich etwas kleineren und gedrungeneren

Tabelle 2 (nach F. Hueppe).

Übersicht über die Größe der Menschen bei voll erwachsenen Männern verschiedenster Völker*).

Orinocco-Indianer	200	cm
Watussi in Ostafrika	195—200	„
Seri-Indianerin Kalifornien	190	„
Dinkaneger	180	„
Patagonier	175	„
Sioux und Irokesen	173	„
In Europa in der Herzogewina	176	„
Schweden, Norweger, Schotten, Vereinigte Staaten — Weiße	170—173	„
Engländer, Dänen, Norddeutsche	168—170	„
Süddeutsche	166—168	„
Finnen	165	„
Italiener	162—165	„
Franzosen	164	„
Samojeden	155	„
Lappen	154	„
San-Blas-Indianer am Panamakanal	150	„
Akka	134	„

*) Die Frauen sind im allgemeinen kleiner als die Männer, nach Quetelet um $^1/_{10}$.

Schülern Mittel- und Süddeutschlands, besonders Sachsens und Thüringens. Dabei ist der Unterschied, der sich durch den Einfluß von Stadt und Land insofern geltend macht, als die Kinder der städtischen Bevölkerung im allgemeinen eine größere Körperlänge, aber geringeres Gewicht haben (Schmidt, Peiper, Ascher), berücksichtigt.

Individuelle Unterschiede in der Körpergröße sind vielfach bedingt durch Störungen der Drüsen mit innerer Sekretion, insbesondere der Thymusdrüse, Schilddrüse, Gehirnanhang und Geschlechtsdrüse. Doch bestimmen diese wohl niemals die Konstitution einzelner Rassen oder Sippen.

Von bedeutendem Einfluß auf Größen- und Gewichtswachstum sind die soziale Lage und insbesondere die Ernährung (Kißkalt). Es ist eine alte, bekannte und besonders wieder in der Kriegs- und Nachkriegszeit bestätigte Tatsache, daß die Kinder der wohlhabenden Familien größeres Längenwachstum und größere Gewichtszunahme zeigen als diejenigen der minderbemittelten Bevölkerung. Die gleiche Erfahrung konnte bei den Schülern höherer Lehranstalten einerseits und Volksschülern andererseits gemacht werden (Rietz, Niceforo, Rubin, Hasse u. a.). Bei den Schülern höherer Schulen mag auch noch in der früher eintretenden Reife ein Wachstumseinfluß liegen. Bei der europäischen Bevölkerung äußert sich der Einfluß des Geschlechts insofern, als die Mädchen die Knaben vom 11.—15. Lebensjahr durch Längenwachstum übertreffen, vielfach ist damit ein geringeres Wachstum der inneren Organe verbunden, vielleicht durch übermäßige geistige Beschäftigung bei mangelhafter Muskelbetätigung bedingt.

Weiter ist durch zahlreiche Beobachtungen von Godin, Matthias usw. festgestellt, daß körperliche Arbeit bei schlechter Ernährung gedrungene Gestalten mit guten Brustmaßen und guter Vitalkapazität hervorruft. Bessere Ernährung ohne körperliche Arbeit äußerte sich dagegen in größerem Längenwachstum mit geringen Breiten- und Brustmaßen. Daher beobachten wir in den wohlhabenderen Ständen vorwiegend längere und schwächere junge Leute, in der arbeitenden Bevölkerung kleinere, aber kräftigere Gestalten.

Mit dem 40. Lebensjahre beginnt eine allmähliche Abnahme der Körperlänge, hauptsächlich bedingt durch Schwund der Zwischenwirbelknorpel. Im allgemeinen erfolgt nach Pfitzner von 10 zu 10 Jahren eine Abnahme um 1 cm.

II. Methoden zur Messung von Körpergewicht, Körperlänge, Brustumfang, „Gesamtumfang“ usw.

1. Wägungen.

Bei der Vornahme von Körpermessungen ist von größter Wichtigkeit, daß immer und überall ein gleichmäßiges Verfahren Anwendung findet, um allzu große Fehler zu vermeiden und um die gefundenen Werte miteinander vergleichen zu können (vgl. auch Prinzing, Körpermessungen und -wägungen deutscher Schulkinder und ein Vorschlag, diese vergleichbar zu machen). Darum besteht heute die allgemeine Vorschrift, daß die Gewichtsmessungen am unbekleideten Körper oder höchstens mit dem Hemd oder Badeanzug angetan, vorgenommen werden. Da wie oben bereits erwähnt, die Gewichtszunahme im Winter größer ist als im Sommer, soll die ein- oder zweimal im Jahr stattfindende Wägung zur selben Jahreszeit, am besten im Mai oder Juni, und zur gleichen Tageszeit, um den Einfluß der Nahrungsaufnahme auszuschalten, vorgenommen werden. Ferner

werden jetzt ganz allgemein die Ergebnisse nach Altersklassen, nicht nach Schulklassen beurteilt. Bei den Insassen einer Klasse ist ein Altersunterschied von 0—12 Monaten möglich, dadurch ist eine erhebliche Fehlerquelle gegeben. Jedes Kind an seinem Geburtstage zu messen oder zu wägen, ist im Schulbetrieb wohl undurchführbar. Am zweckmäßigsten läßt man Schwankungen von ¼—½ Jahr gelten und bezeichnet z. B. als 10jähriges Kind, das 9¾ bzw. 9½—10¼ bzw. 10½ Jahre alt ist (Gottstein).

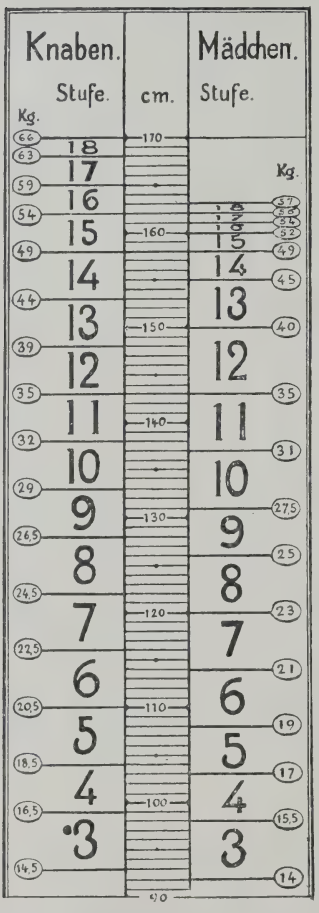


Fig. 1. Meßstreifen mit Zentimeter- und Bankgruppeneinteilung. Aus Abderhalden Handb. d. biolog. Arbeitsmeth., Abt. IV, Teil 11, H. 1, Lief. 108, S. 57.

Die für Schuluntersuchungen bestimmten Wagen sind öfters, insbesondere nach jedem Transport, nachzuprüfen, entweder durch aufgesetzte Gewichte, mit Wasser gefüllten Litergefäßen oder anderen Körpern von bekanntem Gewicht. Besonders werden Federwagen nach längerem Gebrauch unzuverlässig. Auch die weitverbreiteten, mit einem Laufgewicht versehenen Wagen sind nach längerer Benutzung nicht mehr zuverlässig. Besser, aber etwas umständlicher sind Dezimalwagen. Auch Wagen, an denen zugleich ein Meßstab befestigt ist, sind sehr zu empfehlen. Von einer guten Wage müssen wir verlangen, daß sie auf 100 g genau zeigt.

Bei Vornahme der Wägung ist darauf zu achten, daß der zu Wägende ruhig und in der Mitte der Wage steht. Im allgemeinen soll, wie oben erwähnt, bei unbekleidetem Körper gewogen werden. Ist das jedoch nicht möglich, so muß bei Kindern

von	3— 5	Jahren	6 —7 %
„	7— 9	„	7,0—7,8%
„	10—13	„	7,5—8,5%
„	13—15	„	7,8—8,9%

abgezogen werden.

Zu bedenken ist, daß alle Körpergewichte, durch Abzug von Kleidergewichten gewonnen, nur ganz approximativ sind, da das Gewicht der Kleider nach Wohlstand, Jahreszeit sehr differieren kann. Wird im Hemd gewogen, dann muß man beim Mann durchschnittlich 350—380 g, bei der Frau 150—170 g abziehen. Immer ist zu notieren, in welcher Kleidung gewogen und wie das angegebene Gewicht errechnet wurde, da sonst die Wägungen untereinander nicht vergleichbar sind.

2. Messungen.

Die Messung ist bei Schulkindern schon deshalb notwendig, damit ihnen ein geeigneter Bankplatz zugewiesen werden kann. Hierfür genügt es, wenn an einer Wand des Schulzimmers in entsprechender Höhe ein Papierstreifen mit Zentimetereinteilung angebracht wird. Zweckmäßig wird an dieser Einteilung zugleich die zu der entsprechenden Größe passende Banknummer verzeichnet (s. Fig. 1). Die Messung der Körpergröße soll ohne Stiefel und auch ohne Strümpfe in der Weise vorgenommen werden, daß das Individuum aufrecht in guter natürlicher Haltung mit geschlossenen

Füßen steht und mit Gesäß und Rücken, aber nicht mit dem Kopf die Wand berührt. Der Kopf muß so gehalten werden, daß der Unterrand der Augenhöhle und der Oberrand der Ohrecke (Tragus) in eine Horizontalebene fallen (Ohraugen-

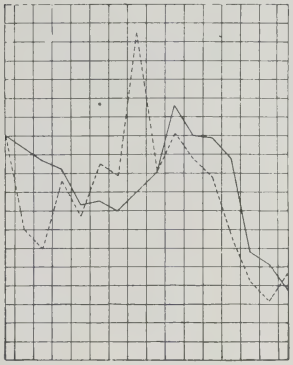


Fig. 2.

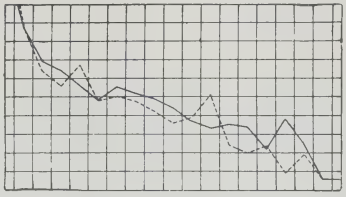


Fig. 2a.

Fig. 2 und 2a. Aus Müller, Die Leibesübungen (Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin).

Fig. 2b. Körpermeßapparat von Stephani (Hersteller: P. Joh. Müller, Berlin W 57).

horizontale). Die Arme hängen an den Seiten des Körpers schlaff herab (R. Martin). Alsdann wird die Querleiste in einer Horizontalen ohne Druck auf den Scheitel aufgelegt. Bei der Messung ist zu berücksichtigen, daß die Körperlänge am Abend oder nach Märschen (Camerer) um mehrere Zentimeter kleiner sein kann als am Morgen. Daher muß im Protokoll immer angegeben werden, zu welcher Tageszeit die Messung erfolgte. Ganz besonders ist dies in Erwägung zu ziehen, wenn die Entwicklung des gleichen Kindes längere Zeit hindurch beobachtet werden soll. Alle Messungen sind in Gesundheitsbogen bzw. -karten, die für das Kind während seiner ganzen Schulzeit geführt werden, einzutragen.

Die praktischsten Meßapparate sind

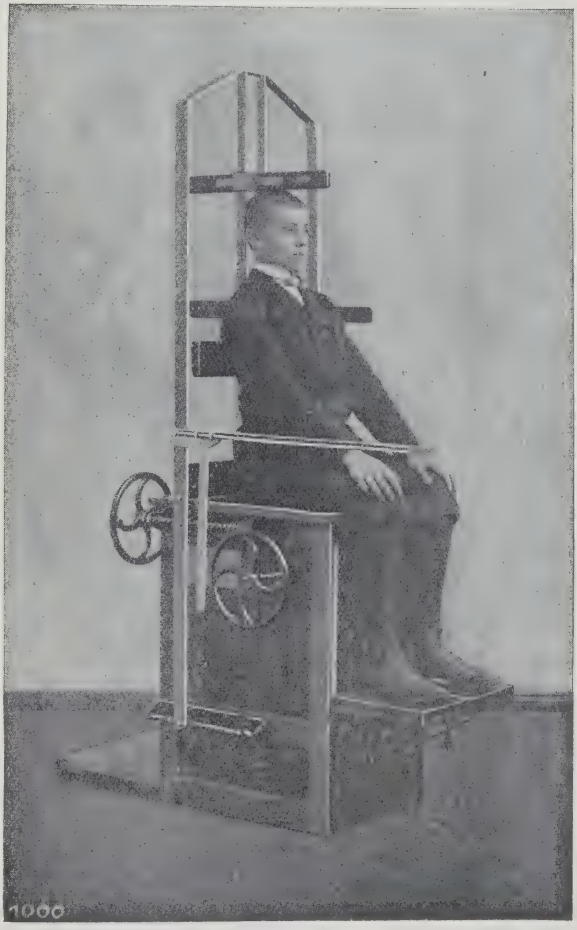


Fig. 2b.

die, welche mit einer beweglichen Schiebeplatte oder Querleiste versehen sind, die an einem Meßstab angebracht sind (Meßständer, Meßlatten). Als weitere Apparate kommen in Frage das Albismeßband, das genaue und einfache Messungen der Körperlänge ermöglicht. Kompliziertere Apparate, welche die verschiedensten Körpermessungen auch im Sitzen ermöglichen, sind der Meßapparat von Stephani (Fig. 2) und das Anthropometer von Martin (Fig. 3). Auch selbstregistrierende Höhenmesser sind in Anwendung gekommen, doch haben diese für den Schulbetrieb keine besondere Bedeutung.

Fig. 3. Messung der Körpergröße mit dem Anthropometer. Aus Handb. d. sozialen Hygiene, Bd. 1, 1925 (Springer, Berlin).

In besonderen Fällen, bei Kranken oder bei Leichen, muß die Bestimmung der Größe statt im Stehen im Liegen vorgenommen werden. In diesem Falle muß die Unterlage vollkommen eben sein. Die Messung im Bett oder auf einer Matratze anzustellen, ist zwecklos. Am geeignetsten ist bei Kranken eine mit wollener Decke belegte große Tischplatte, an deren einem Ende ein Brett zum Gegenstemmen der Fußsohlen angebracht ist. Unter dem Kopf wird ein flaches Kissen gelegt, damit die Ohraugenebene senkrecht zur Tischfläche zu liegen kommt. Beide Arten der Messungen sind aber keineswegs gleichzusetzen, da im Liegen die Stellung des Beckens, die Krümmungen der Wirbelsäule, die Lage der Eingeweide und damit die äußere Form des Brustkorbes und Bauches sich ändert. Martin konnte bei mittelgroßen Individuen durchschnittlich eine Differenz von 14—55 mm feststellen.

Zur Messung der Stammlänge oder Sitzhöhe (vertikale Entfernung des Scheitels von der Sitzfläche) setzt sich das Individuum in straffer, aufrechter Haltung auf einen Hocker bei gebeugten und geschlossenen Beinen. Der Meßstab wird dann in der Mitte des Rückens auf die Sitzfläche aufgestellt und die Querleiste auf den Scheitel herabgelassen, alsdann bei guter Beleuchtung das Maß abgelesen. Bei Kleinkindern und Säuglingen wird die Stammlänge im Liegen auf einer Meßbank vorgenommen und Scheitel und Gesäß zwischen zwei vertikale Holzplatten eingespannt (R. Martin).

Neben der Messung der Körperlänge dienen zur Beurteilung der körperlichen Entwicklung eines Menschen, insbesondere der Schulkinder, die Messung des Brustumfanges, der Extremitäten und des Schädels.

Zur Messung des Brustumfanges benutze man ein breites Zentimeterband, ein besonders konstruiertes Thorakometer ist überflüssig. Um die Entwicklung der Brustmuskel und des Brustkorbes selbst kennenzulernen, wird die Messung in zwei Horizontalen vorgenommen. Entweder wird das Meßband bei herabhängenden Armen direkt unter den unteren Schulterblattwinkeln, seitlich hoch in die Achselhöhle bis unmittelbar über den Brustwarzenhöfen gelegt, oder bei horizontal, noch besser bei senkrecht gehaltenen Armen unter den Brustwarzen um den Brustkorb herumgeführt, dadurch sind die Muskeln möglichst ausgeschlossen. Diese Messung ist auch bei Frauen vorzuziehen, da sie durch die Form und Größe der Brustdrüsen nicht beeinflußt wird. Außerdem gibt sie uns Aufschluß über die Größe der Flankenatmung. Die Messung erfolgt bei größter Aus- und Einatmung und in der Atempause. Das Aus- und Einatmen muß mehrere Male wiederholt werden, die einzelnen Werte sind zu notieren und daraus das Mittel zu berechnen. Daß bei der Messung die Einatmung mit den Brustmuskeln, nicht mit dem Zwerchfell erfolgt, bedarf kaum der Erwähnung. Will man den Brustumfang bei Schulkindern messen, so muß man vorher Atmungsübungen vornehmen lassen, da die Kinder sonst falsch und ungenügend atmen.

Der normale Brustumfang bei der Ausatmung ist gleich der halben Körperlänge oder übertrifft ihn um 3—5 cm. Der Wert ändert sich jedoch mit der Größe der Person, große Menschen haben im allgemeinen einen kleineren, kleinere einen größeren Brustumfang. Bei Neugeborenen soll der Brustumfang 7—10 cm größer sein als die Körperlänge. Vom 3. oder 4. Lebensjahr an erfolgt eine allmähliche Abnahme, beträgt aber nach Buschan im 10. Lebensjahr noch etwa 4,5 cm mehr als die Körperlänge, in der Zeit vom 15.—19. Lebensjahr ist kein Unterschied mehr wahrnehmbar. Sehr häufig ist aber der Brustumfang im schulpflichtigen Alter bei ganz gesunden Kindern kleiner als die halbe Körperlänge. Wichtiger als diese Beziehung zwischen Brustumfang und Körperlänge ist die Beobachtung, daß die Differenz zwischen Aus- und Einatmung im schulpflichtigen Alter konstant bleibt. Bei Knaben steigt sie im allgemeinen von 3,1 auf 4 cm, bei Mädchen beobachtet man Schwankungen zwischen 2,7 und 3,8 cm.

Bei weiblichen Personen ist der Brustumfang, selbst in den Jahren, wo diese die männlichen Personen in der Entwicklung übertreffen, um etwa 3 cm kleiner als bei den männlichen.

Wenn man die gefundene Zahl des Brustumfanges bei tiefster Ausatmung von derjenigen bei tiefster Einatmung abzieht, dann erhält man als Differenz die sogenannte Exkursionsbreite oder den Atmungsspielraum, d. h. den zahlenmäßigen Ausdruck für die mechanische Atmungsfunktion.

Oberarmumfang. Die Messung der Extremitätenumfänge wird allgemein rechts vorgenommen. Der Oberarmumfang wird an der dicksten Stelle gemessen, und zwar in Beuge- und Streckstellung. Die durchschnittliche Größe des Umfanges bei gebeugtem und gestrecktem Oberarm ist aus folgender Tab. 3 nach Messungen von Hoesch, Gottstein, Matthias und Kohlrausch zu ersehen. Beide Maße differieren bei ein und demselben Knaben etwa um 1,4—2,1 cm, bei Mädchen ungefähr um 0,9—1,5 cm. Bei erwachsenen Frauen ist der Umfang des gestreckten Oberarmes im

allgemeinen größer, wegen des stärkeren Fettpolsters, als bei Männern. Bei gebeugtem Arm bedingt umgekehrt die stärkere Muskelentwicklung des Mannes einen größeren Umfang.

Tabelle 3 (nach J. Müller).

Größter Umfang der Extremitäten.

Größter Umfang	8 Jahr	10 Jahr	12 Jahr	14 Jahr	15 Jahr	16 Jahr	17 Jahr	18 Jahr	19 Jahr	Erwachsene
des r. gestreckten Oberarmes . .	17,3	17,5	19,4	20,2	23,6	25,2	26,5	26,3?	27,1	26,5
des r. gebeugten Oberarmes . .	18,7	18,9	21,2	22,3						29,5
des Unterarmes.	—	—	—	21,1	22,1	23,4	24,4	—	—	—
des Oberschenkels	—	—	—	42	43,4	46	47,8	47,5	49,2	52
des Unterschenkels	—	—	—	—	—	—	—	32	—	33,5

Der Unterarmumfang wird entweder an der Grenze des oberen und mittleren Drittels oder an der dicksten Stelle gemessen; zweckmäßig wird auch immer der Umfang am Handgelenk angegeben.

Der Oberschenkelumfang ist bei weiblichen Personen in allen Altersstufen durchschnittlich größer als bei männlichen. Er wird an der dicksten Stelle gemessen. Bei Kindern kann man diese Messung auch sitzend vornehmen, dabei werden die Beine vorgestreckt und die Fersen unterstützt, ein zweites Mal wird an derselben Stelle bei tieferer Kniebeuge gemessen.

Die Messung des Bauchumfanges erfolgt oberhalb der Hüfte zwischen dem unteren Rippenbogen und den Darmbeinkämmen. Sie hat bisher aber keine Bedeutung erlangt. Vom 2. Lebensjahr ab und bei Erwachsenen soll der Bauchumfang jedoch kleiner als der Brustumfang sein. Auf die Messung des Kopfumfanges kann hier nicht näher eingegangen werden, ich verweise auf den Abschnitt von Griesbach, oben S. 440.

Verschiedentlich wurden Wägungen allein zur Beurteilung des Ernährungszustandes eines Kindes, zwecks Teilnahme an Schulspeisungen oder Aufnahme in Erholungsstätten usw., vorgenommen; es muß jedoch ausdrücklich betont werden, daß man aus den Ergebnissen der Wägung allein niemals den Ernährungs- und Gesundheitszustand eines Kindes beurteilen kann, da die verschiedensten Krankheiten oder krankhaften Veranlagungen eine Zu- oder Abnahme des Körpergewichts hervorrufen können. Das gleiche gilt von der Körperlänge. Da also beide Meßmethoden für sich allein nicht zuverlässig sind, hat man Formeln ersonnen, welche die Schwankungen beider Werte berücksichtigen. Eingangs wurde bereits auseinandergesetzt, daß Gewicht- und Längenzunahme nach Alter und Geschlecht differieren, daß ihre Zu- und Abnahme nicht parallel verlaufen, sondern sich sogar umgekehrt verhalten können. Aus diesem Grunde sind alle sogleich zu besprechenden Formeln, sogenannte Indizes, nur beschränkt brauchbar. Sie können im allgemeinen nicht mehr sagen, als daß bei abnormem Befund eine eingehende ärztliche Untersuchung stattzufinden hat, ehe Fürsorgemaßnahmen ergriffen werden.

3. Indizes und Verhältniszahlen.

Stephani beurteilt die Entwicklung eines Kindes nach dem Ernährungszustand und nach dem Aussehen. Er bezeichnet als III = schlecht, wenn bei senkrecht auffallendem Licht sämtliche Rippenansätze am Brustbein sichtbar sind. Als II = mittel, diejenigen Kinder, bei denen die Rippen nur unterhalb der Brustwarzen sichtbar sind, als I = gut, wenn keine Rippenkonturen sich abheben. Das Aussehen beurteilt Stephani nach der Durchblutung der Gesichtshaut, einschließlich der Mundschleimhaut und der Augenbindehäute. I = frischrote Wangen und keinerlei Blässe der Schleimhäute, II = wechselndes Aussehen und leichte Blässe der Schleimhäute, III = ganz weiße Gesichtsfarbe und weiße Schleimhäute. Durch Kombinationen beider Feststellungen können neun Gruppen von Kindern bezeichnet werden. Wenn auch jede der beiden Methoden allein angewandt, häufig falsche Schlüsse ergeben würden, da zum Beispiel das Fettpolster nach Alter und Geschlecht sehr variieren kann und das Aussehen durch Rassen- und individuelle Unterschiede bedingt ist, so geben beide Methoden zusammen eine brauchbare Handhabe zur Beurteilung des Allgemeinzustandes der Schüler.

Von Oeder wurde die Messung der Fettpolsterdicke der Bauchhaut als Index des Ernährungszustandes empfohlen. Die Bestimmung erfolgt im Stehen oder Liegen in der Weise, daß rechts neben dem Nabel eine Hautfettfalte in der Längsrichtung des Körpers von der Muskelfaszie abgehoben wird und mit dem Zirkel oder einem Schiebemaß (Schublehre) an der Basis gemessen wird. Die Dicke dieses Fettpolsters kann aber nicht immer maßgebend sein für die allgemeine Entwicklung des Unterhautfettgewebes. Wir wissen, daß bei verschiedenen Rassen, Stämmen und Familien ganz charakteristische regionale Fettdepots (Oberschenkel, Gesäß, Unterschenkel, Schultergegend) bestehen.

Eine andere und praktisch brauchbare Methode von Oeder besteht darin, daß auf Grund der allgemeinen Körperinspektion das Individuum als 1. mager, 2. mittel und 3. fett bezeichnet wird. Dann werden dieser Bezeichnung die durch die Fettpolstermeßmethode gewonnenen Zahlen angefügt. Auch werden die mit der Oederschen Methode gewonnenen Zahlen mit dem Körpergewicht und der Körperlänge unter Benutzung einer von Pirquet-Camerer angegebenen Tabelle in Verbindung gebracht (vgl. unten).

Eine ähnliche Methode zur Beurteilung des Ernährungszustandes ist von v. Pirquet angegeben worden. Er kennzeichnet den Blutgehalt der Haut (s = sanguis), ihren Fettgehalt (cr = crassitudo), ihren Turgor (t = turgor) und die Entwicklung der Skelettmuskulatur (m = musculus) durch Vokale, die den Qualitätskonstanten (s, cr, t, m) angehängt werden. Eine übernormale Beschaffenheit wird durch die Vokale e und i, eine mittlere durch a und eine unternormale durch o und u angezeigt. Durch Kombination der verschiedenen Konsonanten und Vokale ergeben sich leicht zu merkende Stichworte, die die verschiedenen Typen charakterisieren. So bedeutet z. B.:

Sacratama: in jeder Hinsicht mittlerer Zustand,
Socrotoma: blaß, mager, schlaff, schwächlich,
Sucratame: stark anämisch, reichlich Muskulatur, sonst normal.

Die Feststellung des Blutgehaltes der Haut erfolgt nach dem Aussehen der Farbe des Gesichtes, Oberkörpers und insbesondere der Schleimhäute; der Fettgehalt wird an der Ausfüllung der Zwischenrippenräume bei erhobenem Oberarm erkannt, der Turgor der Haut wird durch Aufheben einer Hautfalte in der Unterschlüsselbeingegend und die Entwicklung der Muskulatur durch Betasten des Bizeps bei gestrecktem und gebeugtem Arm oder auch an der Waden- und Oberschenkelmuskulatur geprüft.

Über den Ernährungszustandsindex von v. Pirquet siehe „Die hygienischen Methoden zur allgemeinen Ernährungslehre“ von R. Feulgen, Bd. 2 dieses Handbuchs.

Von den Japanern Matsuoka, Fuyuki und Shintaro Ishii wurde neuerdings ein Index zur Bestimmung des Ernährungszustandes aufgestellt, den sie „Miyagawa-Index“ nennen. Er lautet: $100 \cdot \sqrt[3]{\frac{\text{Körpergewicht} \cdot 10}{\text{Sitzhöhe}}} \cdot$ Konstante, wobei die Konstante für jedes Lebensalter wie folgt zu berechnen ist: $\frac{\text{Körpergewicht}}{\text{Sitzhöhe}}$ (japanischer Mittelwert) : $\frac{\text{Körpergewicht}}{\text{Sitzhöhe}}$ (europäischer Mittelwert). Die mit dieser Formel erzielten Werte sollen nach obigen Autoren befriedigend sein.

Vielfach empfohlen und angewandt wurde das Queteletsche Zentimetergewicht (Gewicht dividiert durch die Körpergröße) $\left(\frac{\text{G}}{\text{Kgr}}\right)$. Das Zentimetergewicht besagt, wieviel Kilogramm Körpergewicht auf je 1 cm Körperlänge kommen. Trotzdem man dagegen eingewendet hat (Pfaundler), daß es mathematisch unzulässig sei, eine

eindimensionale Zahl (Länge) durch eine dreidimensionale (Gewicht) zu dividieren, ist dieser Einwand doch weniger berechtigt, als der, daß das Zentimetergewicht mit Zunahme der Länge, also auch mit dem Älterwerden regelmäßig sich vergrößert, auch wenn das Ansteigen des Gewichts hinter der Norm zurückbleibt. Mithin ist das Zentimetergewicht zum Vergleich gleichalteriger Kinder verschiedener Größe unbrauchbar.

Neuerdings wurde von J. Berger folgender Index angegeben: Division des Körpergewichts durch Körperlänge mal (zweimal Brustumfang)^2.

Bei mäßigem Fettpolster und nicht überstark entwickelter Muskulatur wiegt nach Broca der Erwachsene zwischen 30—50 Jahren annähernd so viel Kilogramme, als Zentimeter über 1 m gemessen werden. Normalgewicht = (Körpergröße [in Zentimetern] — 100) Kilogramm. Magere Menschen haben ein etwas geringeres Gewicht, stärkere, muskulöse und solche mit reichlichem Fettpolster ein höheres. Auch bleibt nach Brugsch und Schwiening bei steigender Körpergröße (über 165 cm) das Normalgewicht immer mehr hinter dem Zentimetergewicht zurück, bei sinkender Körpergröße (unter 155 cm) nimmt es dagegen immer mehr zu. Deshalb haben beide Autoren folgende Abänderung vorgeschlagen: Für Körpergrößen von

155—164 cm ist das Normalgewicht = (Körpergröße [in cm] — 100) kg
165—174 „ „ „ „ = „ „ „ — 105) „
175—185 „ „ „ „ = „ „ „ — 110) „

Ascher verwendet zur Bestimmung der Konstitution die Feststellung des „Gesamtumfanges". Er addiert den Umfang des Ober- und Unterarmes, des Ober- und Unterschenkels, von Hals, Brust und Bauch.

Die Formel von Bornhardt, die den vorhergehenden nicht überlegen ist, lautet:

$$\text{P (Körpergewicht)} = \frac{\text{H (Länge)} \cdot \text{C (mittlerer Brustumfang)}}{240}.$$

Becher und Lennhoff verwenden bei ihrer Berechnung neben dem Bauchumfang die Länge der vorderen Rumpfwand (Distantia jugulopubica). Ihr Index lautet:

Länge der vorderen Rumpfwand · 100 : Bauchumfang.

Viel gebraucht wird der Index von Livi:

$$I = 100 \sqrt[3]{\frac{\text{P (Körpergewicht)}}{\text{L (Körperlänge)}}}.$$

Der Index soll, außer in der ersten Kindheit, annähernd gleich 23,5 sein. Ihm haftet der besondere Mangel an, daß er nur einen geringen Ausschlag in den verschiedenen Lebensaltern zeigt und keinen brauchbaren Maßstab zum Vergleich von Kindern verschiedener Größen bildet.

Index von Pignet: L (Körperlänge in Zentimetern) — P (Körpergewicht in Kilogrammen) + Atmungsbrustumfang (in Zentimetern) soll etwa 16—25 betragen. Besondere Wuchstypen müssen eigens berücksichtigt werden, außerdem kann sich die Ungenauigkeit bei der Messung des Brustumfanges bzw. der Vitalkapazität in störender Weise geltend machen, so daß sich ungenaue Werte ergeben. Pignet schlägt folgende Einteilung vor:

Bei besonders kräftiger Konstitution beträgt der Index weniger als 10,
bei kräftigen Leuten . . . . . 10—20,
bei Mittelkräftigen . . . . . 21—30,
bei Schwächlichen . . . . . 31—35,
bei besonders Schwachen . . . . . über 35.

Für Jugendliche gilt obige Einteilung nicht.

Der Index von Florschütz verwendet statt des Brustumfanges den Bauchumfang: $\frac{\text{B (Bauchumfang)} - \text{L (cm)}}{\text{L (cm)}}$. Der Quotient soll etwa gleich 5 sein, kleinere Werte bedeuten Unterernährung und schlechte Konstitution. Vorstehende Formel wird besonders in der Versicherungsmedizin verwandt.

Ziemssen verwendet für die Beurteilung des Körperzustandes die Vitalkapazität. Der Quotient $\frac{\text{Vitalkapazität}}{\text{Körperlänge}}$ soll beim Mann mindestens 18, bei der Frau mindestens 12 betragen. Diese Zahlen sind jedoch bei Leuten, die ihren Körper regelmäßig geübt haben, zu niedrig. Ferner kann sich bei der Messung der Vitalkapazität eine ähnliche Fehlerquelle wie beim Index von Pignet geltend machen.

Erismann vergleicht die halbe Körperlänge mit dem Ausatmungsbrustumfang, Index = ½ Körpergröße — Brustumfang (in der Atempause gemessen). Bei größeren Menschen ist der Ausatmungsbrustumfang meist etwas kleiner als die halbe Körperlänge; bei mittelgroßen Menschen ist er etwa so groß wie die halbe Körperlänge und bei kleinen Menschen ist er etwas größer. Mit anderen Worten ausgedrückt: Die Lungen

größerer Menschen gleichen Alters sind weniger in die Breite entwickelt als die Lungen kleinerer Menschen. Die Konstitution kann trotzdem bei beiden Typen gleichwertig sein. Der Erismann-Index wird zur Beurteilung der Konstitution als brauchbar empfohlen (vgl. Seyffarth). Brugsch empfiehlt aber an Stelle des Erismann-Index den proportionellen Brustumfang = Brustumfang. 100 : Körpergröße. Dieser Index beurteilt die Individuen nach ihrer Breitenentwicklung. Menschen mit Brustumfang unter 50 werden als engbrüstig, 51—54 als normalbrüstig und über 55 als weitbrüstig bezeichnet (vgl. auch Wuchsformen, S. 487f.).

Nach Oppenheimer wird der Ernährungsquotient in der Weise bestimmt, daß der Oberarmumfang mit 100 multipliziert und durch den Brustumfang dividiert wird $\left(\frac{\text{Oberarmumfang} \cdot 100}{\text{Brustumfang}}\right)$. Ein Quotient von 29 und mehr soll einen guten, von 29 bis 26 einen mittleren und unter 26 einen schlechten Ernährungszustand anzeigen. Die bisherigen Nachprüfungen dieser Methode von K. Wimmenauer lauten jedoch wenig günstig. Insbesondere ist bei krankhaften Veränderungen des Brustkorbes (besonders bei Rachitis) der Quotient zu hoch.

Ein weiterer Index von Oeder verwendet die proportionelle Körpergröße, die dem doppelten Scheitel-Symphysenmittenabstand gleichkommt. Oeder wollte dadurch die variable Länge der unteren Extremität ausschalten, weil die Masse des Rumpfes das Körpergewicht mehr beeinflußt als die Beinlänge. Seine Formeln sind:

Normalgewicht = (P Kgr — 100) kg (ohne Kleider).

P Kgr = proportionelle Körpergröße. Unter Berücksichtigung des Brustumfanges (für weibliche Individuen) lautet die Formel:

$$\text{Normalgewicht} = \frac{(\text{P Kgr} - 100) + \frac{(+\ \text{P Kgr} \cdot \text{C})}{200}}{2}.$$

C = arithmetisches Mittel des Brustumfanges in Zentimetern bei tiefster Ein- und Ausatmung (oberhalb der Brustdrüsen gemessen). Oeder gibt die folgende Indexeinteilung für die Ernährungsstufen erwachsener Menschen an (R. Martin):

s. m. = sehr mager	(0,693)—0,811	mager 0,500—0,924
m. = mager	0,793—0,890	
m. m. = mäßig mager	0,860—0,947	
f. n. = fast normal	0,913—0,985	normal 0,925—1,075
c. n. = zentralnormal	0,963—1,039	
ü. n. = übernormal	1,017—1,079	
m. f. = mäßig fett	1,056—1,174	fettleibig 1,076—(1,700)
f. = fett	1,148—1,257	
s. f. = sehr fett	1,260—(1,500)	

Zentralzahl der Mittelstufe = 1,000; sie entspricht der Mittelstufe zwischen Magerkeit und Fettleibigkeit.

Die Oedersche Formel kann nur bei Erwachsenen über 1,40 m Körperlänge gebraucht werden.

Sehr umständlich und für die allgemeine Verwendung unbrauchbar ist die Konstitutionsformel von de la Camp: $\frac{A_h \cdot K_1 \cdot K_2}{u} \cdot \frac{G}{Kgr - K_3}$. A_h = transversaler Herzdurchmesser, $K_1 = \frac{t_b}{A_h}$, wobei t_b transversaler Brustdurchmesser bei mittlerer Atmung bedeutet.

$$K_2 = \frac{u_1 + (u_2 - u_3)}{t_b}.$$

u_1 = Brustumfang bei mittlerer Atmung, u_2 = Brustumfang bei tiefster Einatmung, u_3 = Brustumfang bei tiefster Ausatmung, G = Körpergewicht (Nacktgewicht), Kgr = Körpergröße, K_3 = Körpergröße — Körpergewicht (Konstante).

Der Körperbauindex (Quetelet), neuerdings von Davenport und Kaup wieder eingeführt, setzt den mittleren Körperquerschnitt $\left(= \frac{\text{Körpergewicht}}{\text{Körperlänge}} = \text{Zentimetergewicht}\right)$ und die Körperlänge in Beziehung. Die Formel lautet: Gewicht : Länge = $\frac{P}{L^2}$. Der Quotient $\frac{\text{Körpergewicht in g}}{\text{Körperlänge cm}^2}$ beträgt bei 20—23jährigen 2,0—2,3. Dabei entspricht 2,3 einer guten, 2,0 einer schlechten biologischen Wertigkeit, d. h. daß in

letzterem Falle die Querschnittsentwicklung im Vergleich zur Längenentwicklung eine ungenügende ist. Dieser Index wird besonders für Messungen bei jugendlichen und erwachsenen männlichen Individuen empfohlen.

Oettinger schlägt einen „Relativindex" vor, Index $= \frac{100\ G}{N}$ (G = das gemessene Gewicht, N = das für die Altersstufe und die Körperlänge normale Gewicht). Die gefundenen Zahlen geben zugleich die prozentuale Abweichung vom Normalindex (= 100) an. Werte unter 100 bedeuten Unterernährung. Solange aber keine einwandfreien Tabellen für das Normalgewicht vorliegen und auch schwer aufzustellen sind, kann die Anwendung dieses leicht zu berechnenden Index nur beschränkt gültige Bedeutung haben. Statt des Relativindex von Oettinger wird deshalb vielfach zur Beurteilung der normalen Entwicklung eines Kindes hinsichtlich Gewicht und Längenwachstum die von Pirquet zusammengestellte, nachstehend verkürzt wiedergegebene Tab. 4

Tabelle 4.

Alter, Länge und Gewicht des Kindes.

Nach den Durchschnittszahlen von Camerer, zusammengestellt von C. v. Pirquet (abgekürzt).

Knaben			Mädchen	
Gewicht (kg)	Alter	Länge	Alter	Gewicht (kg)
		49	Geburt	3,24
3,48	Geburt	50		3,5
4,1		53	1 M.	4,1
4,4	1 M.	54		4,3
5,0		56	2 M.	4,8
5,3	2 M.	57		5,1
6,5		61	4 M.	6,3
6,8	4 M.	62		6,6
8,7		69	8 M.	8,2
8,9	8 M.	70	9 M.	8,5
9,7		73	11 M.	9,4
9,9	11 M.	74	1 J.	9,7
10,20	1 J.	75	1 J. 1 M.	9,95
12,45	1 J. 11 M.	84	2 J.	12,20
12,70	2 J.	85	2 J. 2 M.	12,45
14,45	2 J. 11 M.	92	3 J.	14,20
16,2	3 J. 10 M.	98	4 J.	15,70
16,5	4 J.	99	4 J. 2 M.	15,95
17,7	4 J. 10 M.	103	5 J.	17,0
18,0	5 J.	104	5 J. 3 M.	17,5
20,0	5 J. 10 M.	108	6 J. 2 M.	19,3
20,5	6 J.	109	6 J. 4 M.	19,7
23,0	7 J.	115	7 J. 5 M.	21,8
25,0	8 J.	120	8 J. 5 M.	23,8
27,5	9 J.	125	9 J. 5 M.	25,8
30,0	10 J.	130	10 J. 5 M.	27,8
32,5	11 J.	135	11 J. 4 M.	30,0
35,0	12 J.	140	12 J. 2 M.	32,7
37,5	13 J.	145	12 J. 10 M.	36,2
41,0	14 J.	151	13 J. 9 M.	41,2
45,	15 J.	157	14 J. 10 M.	47,0
47,1	15 J. 5 M.	160	16 J.	52,0

Beispiel: Das 7½jährige Mädchen Anna R. hat eine Nettolänge von 119 cm (ohne Schuhabsätze) und ein Nettogewicht (ohne Kleider) von 21,3 kg. Zunächst die Länge: Ein Mädchen von 7½ Jahren ist durchschnittlich 115 cm lang. Anna mit 119 cm ist um 4 cm voraus. Dann wird das Gewicht verglichen, und zwar nicht mit dem Durchschnittsgewichte des Lebensalters, sondern mit dem Gewichte, das der tatsächlichen Länge entspricht. Ein Mädchen von 119 cm Länge soll 23,4 kg wiegen. Anna wiegt nur 21,3 kg, ist also um 2,1 kg zu leicht.

Notiert wird: R., Anna, 7½ Jahr, 119 cm (+ 4 cm), 21,3 kg (− 2,1 kg).

empfohlen. Beim Gebrauch solcher Tabellen ist zu berücksichtigen, daß sie nicht allgemeine Geltung haben, sondern nur für den Bezirk, in dem die notwendige Grundzahl berechnet wurde. Nach Peiser können die Pirquetschen Zahlen, ursprünglich von Camerer für Stuttgart berechnet, auch für Berlin Anwendung finden.

Die von Pirquet angegebene Tabelle hat Drescher so umgestaltet, daß er die drei Reihen der Gewichts-, Größen- und Alterszahlen nach Gruppen einteilt: z. B., „Ein Kind, das über 6 und unter 7 Jahre alt ist, gehört zu den 6jährigen Kindern und deshalb der Gruppe 6 an. Ist es ein gesundes normales Kind, so wird es sich zwischen seinem 6. und 7. Geburtstag zwischen zwei Gewichtszahlen und zwei Größenzahlen bewegen, durch die einerseits seine Gewichts- und andererseits seine Größenstufe bestimmt wird,

Tabelle 5 (nach Drescher).

Muster I für Knaben.

Alters-klasse	Schul-klasse	Tabelle			Gemessen		Stufen			Auswertung			
		Gewicht	Stufe	Größe	Gewicht	Größe	Gewicht	Größe	Alter	Körperfülle	Wachstum	Mitbestimmende Krankheiten usw.	Gesundheitsklasse
		kg		cm	kg	cm	a	b	c	a—b	b—c		
—	—	69	—	170	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20—25	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	66	—	170	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18—20	—	—	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	63	—	168	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17—18	—	—	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	59	—	165	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16—17	—	—	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	54	—	162	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15—16	—	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	49	—	158	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14—15	—	—	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	44	—	153	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13—14	I.	—	13	—	48	163	14	16	13	−2	+3	—	III.
—	—	39	—	148	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12—13	II.	—	12	—	45	160	14	15	12	−1	+3	—	II.
—	—	35	—	143	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11—12	III.	—	11	—	36	150	12	13	11	−1	+2	—	II.
—	—	32	—	138	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10—11	IV.	—	10	—	33	139	11	11	10	0	+1	—	I.
—	—	29	—	133	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9—10	V.	—	9	—	26	135	8	10	9	−2	+1	Lungenentzünd.	III.
—	—	26,5	—	128	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8—9	VI.	—	8	—	25	126	8	8	8	0	0	—	I.
—	—	24,5	—	122	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7—8	VII.	—	7	—	24.5	118	8	7	7	+1	0	—	I.
—	—	22,5	—	116	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6—7	VIII.	—	6	—	23	115	7	6	6	+1	0	—	I.
—	—	20,5	—	110	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5—6	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	18,5	—	104	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4—5	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	16,5	—	99	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3—4	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	14.5	—	93	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2—3	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	12 5	—	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1—2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	9.5	—	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0—1	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	3	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—

die beide ebenfalls die Zahl 6 erhalten. In derselben Weise werden für alle Altersstufen aus den drei Zahlenreihen für Gewicht, Größe und Alter die richtigen Gruppen gebildet und zu korrespondierenden Stufenreihen zusammengefügt. Siehe Muster I (Tab. 5 für Knaben). In der Tabelle für Mädchen sind nur die Werte für Gewicht und Größe der nachfolgenden Skala zu ändern.

So wie nun bei den schulärztlichen Untersuchungen die Kinder jahrgangsweise, d. h. nach abgerundeten Alterseinheiten, zusammengefaßt werden, so genügt es, wenn es sich nicht um wissenschaftliche Untersuchungen handelt, auch die Gewichte nur nach Gewichtsgruppen und die Größen nur nach Größengruppen zu bestimmen und die Gruppenziffern miteinander zu vergleichen. Gleiche Ziffern für die drei Grundmaße kennzeichnen den Normalzustand, ungleiche Zahlen weisen auf Abweichungen hin (s. Tab. 5).

Ein 5jähriger Knabe von 112 cm Länge und 19,5 kg Gewicht würde das „Zahlensymbol" 565 haben in der Reihenfolge Gewicht, Größe, Alter. Er hat also das Normalgewicht seiner Altersklasse, da er aber ihr in der Länge um eine Stufe voraus ist, ist er doch um eine Jahresstufe zu gering genährt.

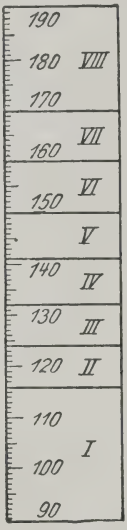


Fig. 4. Kombinationsmeßskala nach Drescher. Aus Abderhalden, Handbuch d. biolog. Arbeitsmeth., Abt. IV, T. 11, H. 1, Lief. 108, S. 42.

Wie leicht zu ersehen ist, kommt es hauptsächlich auf die Differenzen zwischen den Gewichts- und Längenstufenzahlen und zwischen den Größen- und Altersstufenzahlen an. Ist im ersten Falle die Differenz 0, so steht Gewicht und Länge im richtigen Verhältnis, ist sie negativ, so liegt Unterernährung vor, ist sie positiv, so handelt es sich um unnötig große Körperfülle. Minder wichtig ist die zweite Feststellung. Sie kann jedoch nicht entbehrt werden, da sie häufig doch eine Korrektur des zuerst gewonnenen Resultates nötig macht. Von geringerer Bedeutung ist die Differenz zwischen Gewichts- und Altersstufe.

Bei Ermittlung jeder der Differenzen erhält man mindestens 7 Werte, + 3, + 2, + 1, 0, − 1, − 2 und − 3. Durch die Zusammenstellung der Resultate erhält man zahlreiche Kombinationen, durch die die körperliche Verfassung im einzelnen genau bestimmt wird: sind beide Differenzen — von der dritten werde abgesehen — gleich 0 oder positiv, so handelt es sich immer um einen einwandfreien Ernährungszustand. Gewisse Krankheiten können natürlich dabei nebenher laufen. Ist die Differenz negativ, so liegt allemal ein Zustand ungenügender Ernährung vor. Ist die erste Differenz 0, und die zweite negativ, so hat die ärztliche Untersuchung erst noch festzustellen, ob es sich um ein physiologisches oder um ein pathologisches Zurückbleiben im Wachstum handelt. Aus den beiden Differenzen a—b und b—c wäre dann zum Schluß noch ein allgemeines Urteil I, II und III zu formulieren.

Aus der Verschiebung des „Zahlensymbols" im Laufe der Jahre wären Schlüsse auf eine regelmäßige oder unregelmäßige Entwicklung des Kindes zu ziehen.

Zur Vereinfachung der Messung wurde von Drescher nebenstehende Kombinationsmeßskala (Fig. 4), welche die Zahlen für Knaben und Mädchen getrennt wiedergibt, empfohlen. In der Mitte der Skala ist die Zentimetereinteilung angebracht, an den Seiten sind die einzelnen Stufen durch Querstriche und Ziffernbezeichnung zu erkennen. Am Ende der Querstriche befinden sich die Gewichtswerte. Ob sich diese von Drescher angegebene Methode in der Praxis bewähren wird, muß die Nachprüfung ergeben.

Der Index der Körperfülle von Rohrer lautet: $\frac{P \text{ (Gewicht in g)}}{L^3 \text{ (Länge in cm)}}$. Hohe Werte deuten Überernährung, niedrige Unterernährung an. Dieser häufig angewandte Index ist indes nur brauchbar, wenn die Körperlänge des untersuchten Kindes seinem Alter entsprechende normale oder annähernd normale Werte zeigt. Ist ein normal ernährtes Kind kleiner, so zeigt es einen übergroßen, ist es größer, so zeigt es einen zu kleinen Index an. Dadurch kann ein Kind, das vermindertes Längenwachstum zeigt und zugleich unterernährt ist, doch einen normalen Index haben. Heute wird allgemein angenommen, daß der Rohrer-Index für die Beurteilung des Ernährungszustandes sowohl einzelner Kinder als auch einer größeren Gruppe nur beschränkte Bedeutung hat (Fürst, Oettinger u. a.). Deshalb wurde von Rohrer selbst vorgeschlagen, zur Beurteilung des Einzelindividuums auch die Messung der Schulterbreite hinzuzunehmen, da diese bei den einzelnen Individuen derselben Rasse sehr verschieden ist; im allgemeinen neigen kleine Menschen mehr zum breiten Körperbau, große zum schmalen. Weiter schlägt

Rohrer vor, verschieden breit gebaute Individuen in mehrere Gruppen einzuteilen und für jede Gruppe einen mittleren Normalindex zu berechnen. Nähere Angaben sind von Rohrer niedergelegt in Nr. 27 der Münch. Med. Wochenschrift 1921, S. 850. Zugleich gibt er dort zwei weitere Indizes an, so daß es jetzt drei verschiedene Rohrersche Indizes gibt:

1. Index der Körperfülle: $J_k = 100 \frac{G}{l_1^3}$.
2. Index der Skelettbreite: $J_s = 100 \frac{l_1 \cdot l_2 \cdot l_3}{l_1^3}$.
3. Index des Ernährungszustandes: $J_\varepsilon = 100 \frac{G}{l_1 \cdot l_2 \cdot l_3} = 100 \frac{J_k}{J_s}$.

G = Gewicht in Grammen, l_1 = Körperlänge, l_2 = Körperbreite (Schulterbreite oder Mittelwert aus Schulterbreite und Beckenbreite), l_3 = Körpertiefe (sagittaler Thoraxdurchmesser oder Mittelwert aus diesem und sagittalem Beckendurchmesser).

Durch die Hinzufügung weiterer Maße zu dem ursprünglichen Rohrer-Index ist die Methode jedoch umständlich geworden und deshalb für Schüleruntersuchungen eine zeitraubende Mehrbelastung.

Tabelle 6.

Zusammenstellung der Werte der Körperfülle für verschiedene Lebensalter*).

(Aus Müller, Die Leibesübungen, S. 211, Tafel 3. 4. Aufl., 1926. B. G. Teubner, Leipzig.)

Alter	Nach dem Index von: Quetelet $\frac{P}{L}$	Erismann ½ L-Brustumfang (Ausatmung)	Pignet L−(P + Brustumfang)	Kaup $\frac{Q}{L} = \frac{P}{L^2}$ $\left(Q = \frac{P}{L}\right)$	Livi $\frac{100 \sqrt[3]{P}}{L}$	Rohrer $\frac{P \times 100}{L^3}$
1	2	3	4	5	6	7
Neugeborener . . .	64	+ 7	14,8	1,28	2,95	2,56
3 Jahre	146	+ 7,1	23,7	1,68	2,68	1,93
6 „	170	+ 3,5	31,2	1,62	2,48	1,54
9 „	192	− 0,8	38,3	1,57	2,35	1,29
12 „	218	− 0,6	41,4	1,58	2,26	1,15
14 „	255	− 3,2	39,2	1,73	2,27	1,18
15 „	276	− 2,2	36,2	1,82	2,23	1,20
16 „	301	− 2,5	33,5	1,94	2,31	1,24
17 „	321	− 2,8	31,8	1,98	2,30	1,22
20 „	357	− 1,4	25,4	2,12	2,33	1,27
24 „	389	+ 1,4	17,3	2,29	2,38	1,36
kräftiges Mannesalter	404	+ 3,8	12,9	2,38	2,41	1,40

Manche Autoren haben versucht, die Menschen nach ihren Wuchsformen einzuteilen. Wenn auch bisher nur wenige Untersuchungen vorliegen, so scheinen sie doch brauchbare Ergebnisse zur Beurteilung der Konstitution gesunder und kranker Menschen zu geben. So unterscheidet Tandler je nach dem habituellen Muskeltonus hypertonische, normaltonische und hypotonische Menschen. Viola trennt einen Habitus megalosplanchnicus (apoplecticus) von einem Habitus microsplanchnicus (phthisicus) und von Stiller wurde der Habitus asthenicus beschrieben. Sigaud und seine Schüler Chaillon et Mc Auliffe haben auf Grund der äußeren Körperformen vier Menschentypen, die durch zahlreiche Mischformen verbunden sind, unterschieden, und zwar den respiratorischen, digestiven, muskulären und zerebralen Menschentypus (vgl. Bauer). Brugsch teilt die Menschen nach ihrer Länge in drei Längenwuchsformen: Hochwüchsige (Männer 1,74 m, Frauen 1,62 m und darüber), Mittelwüchsige (Männer 1,67—1,73 m, Frauen 1,55—1,61 m)

*) P = Körpergewicht.
L = Körpergröße.
Q = mittlerer Körperquerschnitt.

und Kleinwüchsige (Männer 1,66 m, Frauen 1,54 und darunter) ein. Nach Brugsch sind die Menschen nach der Beziehung der Körperlänge und des proportionellen Brustumfanges (Brustumfang bezogen auf die gleich 100 gesetzte Körperlänge) charakterisiert. Beträgt dieser Umfang bei Männern über 55, so sind sie weitbrüstig, von 50—55 normalbrüstig und unter 50 engbrüstig. Diese drei Typen finden sich in allen drei Längsformen, demnach kann man neun verschiedene Wuchsformen unterscheiden:

Hochwüchsig, mittelwüchsig, kleinwüchsig { engbrüstig / normalbrüstig / weitbrüstig.

Am häufigsten kommen die mittelwüchsigen normalbrüstigen Wuchsformen vor. Bei Hochwüchsigen findet man mehr Engbrüstige, bei Kleinwüchsigen mehr Breitbrüstige. Man kann dieses bei Männern aller Lebensstufen, insbesondere aber bei 21—24jährigen beobachten. In den späteren Jahren (25—35) führt die Engbrüstigkeit zur Normalbrüstigkeit und bei Kleinwüchsigen zur Weitbrüstigkeit. Ferner ergibt sich aus Brugschs Messungen, daß die Engbrüstigen mehr Neigung zu Untergewichten und die Weitbrüstigen zu Übernormalgewichten zeigen. Aber engbrüstige Menschen stehen den weitbrüstigen und den gleichaltrigen normal gebauten nicht nur hinsichtlich ihres Körpergewichts nach, sondern auch in ihrer ganzen Körperentwicklung (Lungen, Herz, Baucheingeweide und Gliedmaßen) nach (Beneke, Müller, Rieder). Diese Wuchsformen geben den Menschen ein ganz bestimmtes Aussehen. Bei einem Weitbrüstigen erscheint der Hals z. B. kurz und gedrungen, bei einem Engbrüstigen lang und schlank, und doch kann die Wirbelsäule bei beiden Typen gleich lang sein. Als Ursache ist die höhere oder tiefere Stellung des Brustkorbes anzusehen. Werden bestimmte abnorme Wuchsformen, insbesondere der hochwüchsige, engbrüstige Typ bei Schulkindern beobachtet, so ist bei diesen besondere ärztliche Kontrolle notwendig und zu versuchen, durch körperliche Arbeit oder durch Leibesübungen die Konstitution zu beeinflussen.

Zu all den vorstehenden Formeln oder Indizes ist noch zu bemerken, daß bei den Messungen und bei der Beurteilung der Untersuchungsergebnisse die gefundenen Werte wegen der subjektiven Einstellung des Untersuchers sehr differieren können. Aus diesem Grunde haben alle Indexberechnungen nur beschränkte Bedeutung. Auch ist allein aus der großen Zahl der angegebenen Indizes zu ersehen, daß eine für alle Altersstufen und Körpergrößen geeignete einwandfreie Formel bisher nicht gefunden wurde. Trotzdem aber können die Indizes ein wichtiges Hilfsmittel zur Beurteilung der Konstitution von Erwachsenen und Kindern bilden.

B. Einfluß des Schulgebäudes und seiner Einrichtungen auf die Hygiene des jugendlichen Organismus

(mit Ausschluß von Beleuchtung, Lüftung und Heizung) (vgl. oben S. 154, 199 und 228).

I. Schulgebäude.

Das Schulgebäude dient den Kindern während eines großen Teiles ihrer Entwicklungsperiode zum Aufenthalt, in der ganzen 8jährigen Schulzeit kann man mindestens 9000 Stunden rechnen. Deshalb müssen die baulichen und inneren Einrichtungen allen hygienischen Anforderungen entsprechen.

Schon bei der Auswahl des Bauplatzes ist zu bedenken, daß er frei und luftig, wenigstens 8 m von Nachbarhäusern entfernt und unbeeinflußt von lärmenden und die Luft verunreinigenden Betrieben liegt. Dabei wird man, um allzu große Schulwege (höchstens 3—4 km) zu vermeiden, die Schule möglichst im Zentrum eines Schulbezirkes errichten.

Dem Grund und Boden legt man heute für die Übertragung von Krankheiten nicht mehr die Bedeutung bei, wie es von Pettenkofer und seinen Schülern geschah. Doch wird man auch jetzt noch Aufschuttboden, in dem Fäulnis- und Verwesungsprozesse vor sich gehen, als Bauplatz für Schulen meiden.

Wichtiger sind die Grundwasserverhältnisse. Ein Schulhaus kann nur dort errichtet werden, wo die Kellersohle noch mindestens 0,5 m

über den höchsten Stand des Grundwasserspiegels zu liegen kommt. Zur Versorgung des Schulhauses mit einwandfreiem Trink- und Brauchwasser dient am besten zentrale Wasserversorgung. Wenn diese nicht vorhanden ist, müssen bei der Anlage des Brunnens die im Abschnitt Wasser angegebenen hygienischen Anforderungen gegeben sein. Zur Vermeidung der Keimübertragung von Kind zu Kind soll zum Trinken ein gemeinsamer Becher nicht benutzt werden. Entweder besitzt jedes Kind ein eigenes, kenntlich gemachtes Trinkgefäß, das in einem besonderen Schrank aufgehoben wird, oder es werden (allerdings nur bei Wasserleitung möglich) Trinkspringbrunnen eingerichtet, die eine Benutzung ohne Becher gestatten. Bei der Einrichtung dieser Springbrunnen ist darauf zu achten, daß die Richtung des Strahles so gestellt ist, daß das zurückfließende Wasser die Düsen nicht berühren kann.

Für die Größe des Bauplatzes ist neben den baulichen Anlagen die genügende Größe des Spielplatzes zu berücksichtigen. Durchschnittlich rechnet man für jedes Kind einen Freiraum von 3—4 qm. In Ausnahmefällen soll man jedoch unter 1,5 qm nicht heruntergehen. Wichtiger als die Größe des Platzes ist seine Oberfläche. Diese soll wasserdurchlässig sein, damit sich keine Wasserpfützen bilden und die Kinder beim Spielen nicht ausrutschen; ferner soll er nach längerer Benutzung keinen Staub bilden und frei von größeren Schlacken oder Steinen sein. Am zweckmäßigsten ist ein 15—20 cm dicker Untergrund von Schlacken, Ziegelsteinbrocken usw. und darauf eine dünne Schicht (etwa 5 cm von lehmhaltigen Sand, Kies u. dgl.).

Die Grundstückgröße für den Schulhausbau hängt von der Zahl und Größe der Klassen und Nebenräume ab. Im allgemeinen rechnet man 0,6—1,5 qm bei mehrgeschossigen Gebäuden, mindestens 5,0 qm Fläche pro Kopf bei eingeschossigen Schulen einschließlich Lehrerwohnung, aber ohne Turnhalle.

Unentbehrlich ist heute in jeder größeren Schule eine Turnhalle und in kleineren eine offene Halle neben dem Spielplatz, die bei schlechtem Wetter als Turn- oder Aufenthaltsraum in den Pausen dienen kann. Bei der Berechnung der Größe der Turnhalle müssen für je 50—60 Kinder 250—300 qm Bodenfläche oder 11×25 m lichte Weite angesetzt werden. Zur Verhütung der Beschmutzung des Bodens und der Staubentwicklung sollte dringend darauf gesehen werden, daß die Hallen nur mit Turnschuhen betreten werden. Der Fußboden wird am besten mit nicht splitterndem Pappelholz als fugenfreier Dielenboden hergestellt; sehr zu empfehlen ist auch Linoleumbelag.

Ferner sollte in jeder Schule eine Vorrichtung zum Händewaschen sein. Zu empfehlen ist ein eigenes Reinigungszimmer; wenn das nicht möglich ist, sollte wenigstens im Vorraum der Aborte Gelegenheit gegeben sein, sich mit Seife die Hände zu waschen. Besser als die gebräuchlichen, auf 2 Rollen laufenden endlosen Handtücher sind Einzelhandtücher, die das Kind im Schulranzen selbst mitbringt, mindestens sollten gemeinsame Handtücher täglich ausgewechselt werden.

Die Anlage des Schulgebäudes kann nach verschiedenen Systemen erfolgen. Hygienisch am günstigsten (leichte Isolierung bei Infektionskrankheiten, schnellere Entleerung bei Bränden, günstige Lage nach der Himmelsrichtung) ist der Pavillonbau für je 2—4 Klassen, allerdings ist seine Anlage und Unterhaltung kostspieliger, da eine größere Baugrundfläche notwendig ist. Weniger zu empfehlen sind die Hallenbauten,

bei denen eine in der Mitte gelegene gedeckte Halle (mit Aula, Versammlungsraum) den Schulhof ersetzt. In größeren Städten wird man jedoch meistens Bauten nach dem Korridorsystem errichten, und zwar empfiehlt es sich, den Korridor an der Längsseite des Gebäudes, an der anderen die Klassenräume zu legen. Hygienisch ungünstiger in bezug auf Licht- und Luftzufuhr, aber billiger, sind Bauten, bei denen auf beiden Seiten eines etwa 3,5 m breiten Korridors die Klassenzimmer liegen (Mittelkorridorsystem).

Bei der ganzen Anlage eines Schulhauses muß schon nach außen sein Zweck, eine Erziehungsstätte zu sein, hervortreten. In diesem Sinne ist es sehr zu begrüßen, daß in den letzten Jahren vielerorts mustergültige Schulen entstanden sind, die auch die heimatliche Bauweise berücksichtigen.

Die Orientierung der Klassenzimmerfront wurde in den letzten Jahren viel umstritten. Die einen traten für die Sonnenlage ein, also für eine Lage nach Osten, Südosten, Süden und Südwesten, so daß die Sonne während des Unterrichts in die Klassen scheinen kann, die anderen, welche während der Hauptunterrichtszeit direktes Sonnenlicht im Klassenzimmer vermeiden wollen, bevorzugen eine Lage nach Westen, Nordwesten, Norden oder Nordosten. Die meisten Hygieniker und vor allem auch die Augenärzte verlangen, daß die Klassen so gelegt werden, daß während des Unterrichts eine direkte Sonnenbestrahlung der Schulzimmer unmöglich ist. Bei freier Lage des Gebäudes und bei Vor- und Nachmittagsunterricht kann auch eine Lage nach Norden, Nordwesten oder Nordosten hygienisch einwandfrei sein. Doch wird man wegen der verschiedenen klimatischen Verhältnisse in einem Lande von Fall zu Fall entscheiden müssen, nach welcher Himmelsrichtung die Fensterwände gerichtet werden sollen. Im Osten Deutschlands z. B. ist die von vielen Autoren (Erismann, Nußbaum, Gruber, Prausnitz) geforderte Nordlage wegen der häufigen Nord- und Nordostwinde nicht erwünscht. Hier kommt besser die westliche Anlage der Klassenfenster in Betracht, insbesondere wenn ungeteilter Unterricht stattfindet. Da letzterer jetzt fast überall durchgeführt ist, entspricht im allgemeinen die Westlage am besten den hygienischen Anforderungen. Eine Nord-, Nordost- oder Nordwestlage eignet sich am zweckmäßigsten für den Zeichensaal. Bei höheren Schulen kommt für die Physik- und Chemie-Klassenzimmer wegen der optischen Versuche nur die Südlage in Betracht (Delius).

Für die Grundrißanordnung eines Schulhauses ist die Zahl der Klassen und der Nebenräume maßgebend. Bei Landschulen sind außer den Klassenzimmern ein geräumiger Flur, der zugleich als Kleiderablage und häufig auch als Aufenthaltsraum bei schlechtem Wetter dienen muß, Aborte, getrennt für Knaben und Mädchen, und eine oder zwei Lehrerwohnungen vorzusehen. In größeren städtischen Schulen sind noch erwünscht: Rektorzimmer, Lehrer- und Lehrerinnenzimmer, Lehrmittelzimmer, Zeichensaal, Schulküche, Handfertigkeitsräume, Singsaal, Räume für naturwissenschaftliche Fächer, Turnhalle, Schularztzimmer.

Für die einzelnen Räume im Schulhaus sind bestimmte Maße (allerdings in den einzelnen Staaten abweichend) festgelegt. Im allgemeinen sollen in einklassigen Schulen bis 80 Kinder, in mehrklassigen nicht über 70 Schulkinder aufgenommen werden. Dringend zu wünschen ist aber, daß die Zahl 50 nicht überstiegen wird. In Berlin gilt als Maximum für die Grundklasse jetzt 40 Schüler.

Das Schulzimmer soll eine Maximalgröße von 9—10 m Länge, 6—6,50 m Tiefe und 3,50 m Höhe (Minimalhöhe 3,20 m) nicht übersteigen. Der Minimalluftraum pro Kind beträgt 2,25 cbm, durchschnittlich wird man 4—6 cbm annehmen müssen.

Die Flure sollen, wenn mehrere Zimmer auf den Korridor münden, 2,50 m breit sein, bei einem Zimmer genügen 2 m Breite. Die Türen sollen 1 m lichte Weite messen und stets nach dem Flur hin aufschlagen. Um beim Öffnen Verkehrsstörungen zu vermeiden, werden sie am besten in tiefen Nischen untergebracht.

Der Fußboden der Schulzimmer soll glatt, ohne Fugen, am besten mit Linoleum belegt sein, sehr zu empfehlen sind auch Parkettfußböden. Weniger geeignet sind die Dielenböden; ganz zu verwerfen sind wegen ihrer Glätte, Kälte usw. Terrazzo-, Xylolith-, Papierolit- und ähnliche Fußböden. Die aus hartem Holz hergestellten Böden müssen wenigstens jedes Vierteljahr mit staubbindendem Öl bestrichen werden, wöchentlich zweimal feucht aufgewischt und täglich einmal mit feuchten Sägespänen ausgefegt werden.

Die Wände im Schulzimmer sollen wenigstens im unteren Teil mit abwaschbarer Ölfarbe gestrichen sein. Einfarbiger Anstrich (hellgrau, blau oder grünlichgrau) ist dem Auge angenehmer als gemusterter. Holztäfelung und Rupfen sind weniger zu empfehlen, da sich dahinter Staub und Ungeziefer ansammeln kann. Alle Verzierungen aus Stuck usw. sind als Staubfänger zu verwerfen. Decken und Wände müssen so angelegt sein, daß keine Schallbelästigung hervorgerufen werden kann.

Für die Treppen gelten folgende Maße: Laufbreite 1,40 m, Steigung im unteren Stockwerk 15 cm, in den oberen bis zu 17 cm; Auftrittbreite 22—24 cm. Als Maß für die Treppen wendet man auch noch folgende Formel an: $2\,h + b = s$, s = Schrittlänge (bei Kindern 54—58 cm), h = Stufenhöhe, b = Auftrittbreite. Die Treppen sollen aus feuersicherem Material (Beton, Stein usw.) gebaut und gegen die Kellerräume rauchsicher verschließbar sein. An der freien und Wandseite sind Handläufer anzubringen. Ferner empfiehlt es sich, nach 10—12 Stufen einen Treppenabsatz einzulegen. In Schulen mit mehr als 300 Kindern sind 2 Treppenhäuser vorgeschrieben.

Ein verheirateter Lehrer hat Anspruch auf 3—4 Wohn- und Schlafräume mit einer Grundfläche von 65—85 qm, auf eine Küche von ca. 12 bis 20 qm und auf die notwendigen Keller- und Bodenräume. Für einen unverheirateten Lehrer sind ein Schlafzimmer von 15—25 qm und ein heizbares Arbeitszimmer von 15—18 qm vorzusehen. Betreibt er eigene Hauswirtschaft, dann erhält er noch eine kleine Küche und womöglich ein Fremdenzimmer. Einer Lehrerin werden dieselben Räume wie einem unverheirateten Lehrer mit eigenem Haushalt zugebilligt. Das Schulhaus ist von der Lehrerwohnung zu trennen. Ist dies in kleineren Schulhäusern nicht erwünscht, dann muß die Wohnung ein eigenes Treppenhaus und einen eigenen Eingang haben. Eine Verbindungstür zwischen Wohnung und Schule soll vermieden werden, wenigstens muß die Tür, um Verschleppung von Krankheiten zu vermeiden, verschließbar sein.

In den Aborten sollen für je 40 Knaben und je 25 Mädchen ein Sitz (0,90 m Breite, 1,20 Tiefe) eingerichtet sein, außerdem für je 20 Knaben ein Pissoirstand, getrennt durch 1,20 m hohe, 0,50 m voneinander entfernte Zwischenwände. Für jeden Lehrer, der in dem Schulgebäude wohnt, ist ein besonderer abgeschlossener Sitz vorzusehen. Die Abortsitze sind freistehend aus emailliertem Eisen, besser noch aus Steingut oder Ton herzustellen, mit seitlich aufgeschraubten nicht durchgehenden Holzbelägen.

Die Spülung der Abortbecken kann in Form der Einzel- oder Massenspülung erfolgen. Die Herstellung der Bedürfnisanstalten im Schul- oder Nebengebäude kann bei dem heutigen Stand der Technik hygienisch in einwandfreier Weise durchgeführt werden. Wichtig ist, daß peinlichste Sauberkeit in der Anstalt herrscht, und wenn keine Kanalisation vorhanden ist, daß für rechtzeitige Abfuhr und öftere Desinfektion des Grubeninhaltes gesorgt wird. Auf jedem Abort sollte Papier für Reinigungszwecke vorhanden sein. In Pissoiranlagen haben sich, wenn keine Spülung vorhanden ist, die sogenannten „Ölpissoirs" am besten bewährt, sie sind einfach und billig im Betrieb.

Beim Bau einer neuen Schule sollte man immer eine Badeanlage einrichten, und in älteren Schulen ist ihre nachträgliche Einbauung dringend erwünscht. Der gesundheitliche Nutzen und die durch die Reinlichkeit verbesserten Luftverhältnisse in den Klassenzimmern sind heute allgemein anerkannt. Auf dem Lande empfiehlt es sich, das Schulbad zugleich als Volksbad zur Verfügung zu stellen, wie es mancherorts schon der Fall ist. Andere Badeanstalten werden hier doch nicht errichtet, obschon die persönliche Reinlichkeit häufig viel zu wünschen übrig läßt.

Als hygienisch wichtige Einrichtungsstücke im Schulbetrieb sind ferner die Spucknäpfe anzusehen. In jedem Unterrichtsraum, auf dem Flur und im Treppenhaus sollte wenigstens 1 Spucknapf sein. Am zweckmäßigsten sind die Wandspuckbecken, die in einer der Größe der Schüler entsprechenden Höhe, mit Wasserspülung, angebracht sind (zu beziehen von der Firma Hülsmann, Freiburg i. Br.). Ist diese Anlage nicht möglich, dann kommen die Steingutspucknäpfe, die auf dem Fußboden stehen und mit einer desinfizierenden Flüssigkeit beschickt werden, in Anwendung. Größte Reinlichkeit und tägliche Entleerung ist für ihre Verwendung von größter Bedeutung.

Da der Schulbetrieb reichlich Abfälle liefert (Butterbrotpapier, Apfelschalen, Brotreste usw.), sollte in jedem Klassenraum und Flur ein Papierkasten oder -korb vorhanden sein. Er kann entweder in Form einfacher Holzkästen oder -körben angefertigt sein oder als Eisenkasten, der in der Wand so befestigt ist, daß er vom Klassenraum aus beschickt und vom Flur aus entleert werden kann. Diese Anlage hat sich als sehr zweckmäßig erwiesen, da die Beseitigung der Abfallstoffe durch den Schuldiener erleichtert ist und der mit allerlei Unrat gefüllte und mitunter stark riechende Inhalt des Korbes eine Belästigung vermeidet.

II. Schulutensilien.

1. Subsellien.

Über die maßgebende Bedeutung der richtigen Anordnung der Schulbänke für die Verhütung von gesundheitlichen Schäden in der Schule ist man sich heute klar. Die Schulbänke sollen den Kindern einen bequemen, zum Arbeiten und Ausruhen passenden und gesundheitsgemäßen Sitz gewähren, insbesondere sollen sie nicht zur Verbiegung der Wirbelsäule führen. Zu dem Zwecke muß ein solches Subsellium

a) die richtige Distanz haben (s. Fig. 5), d. h. den richtigen Abstand der Hinterkante der Tischplatte von der vorderen Kante des Sitzbrettes. Die richtige Distanz soll gleich 0 sein (Nulldistanz) oder besser ragt der vordere Bankrand um 2,5—5 cm unter den Tischrand hinein (Minusdistanz). Letzteres bewirkt aber, daß die Schüler nur schwer

aus der Bank heraustreten können. Auch ist das Aufstehen und Stehen erschwert. Deshalb werden entweder zweisitzige Bänke (vier- bis fünfsitzige sind überhaupt zu verwerfen) verwendet zum seitlichen Heraustreten oder die Tischplatte wird beim Aufstehen zurückgeklappt oder zurückgeschoben. Die alten Schulbänke hatten eine positive Distanz (Plusdistanz), dadurch mußte der Oberkörper beim Schreiben vorgebeugt werden, eine Eindrückung des Brustkorbes, eine Verkrümmung der Wirbelsäule und Überanstrengung der Augen waren die Folge. Manche Systeme verwenden auch bewegliche Sitze, doch verursachen diese in den unteren Klassen und nach längerem Gebrauch leicht Geräusche und Beschädigungen (Fingerquetschen usw.).

b) Die richtige Differenz (Sitzraumhöhe) haben, d. i. die senkrechte Entfernung des inneren Tischrandes von dem Sitzbrett. Diese ist vorhanden, wenn der Schüler seinen Vorderarm ohne Hebung oder Senkung der Schulter auf die Tischplatte legen kann. Die richtige Differenz ist für die Schreibhaltung des Kindes von größter Bedeutung. Ist sie zu klein, dann ist das Kind gezwungen, sich vornüber zu beugen; bei zu großer Differenz müssen Schulter und Arme zu sehr gehoben werden und unwillkürlich nehmen die Kinder eine Haltung des Rückgrats ein, die der einer ausgebildeten Skoliose gleicht. Nach Rubner wird die Differenz nach der Entfernung des Ellenbogens bei senkrecht herabhängendem Oberarm vom Sitzbrett gemessen. Dieser Abstand beträgt bei Knaben etwa ein Sechstel bis ein Siebentel der Körperlänge, bei Mädchen wegen der dickeren Kleidung etwas mehr. Hinzu kommt ein Maß, etwa 2 cm, das durch das Höherschieben des Ellenbogens beim Schreiben bedingt ist. In der Tab. 7 sind die richtigen Differenzen bei verschiedenen Körperlängen angegeben.

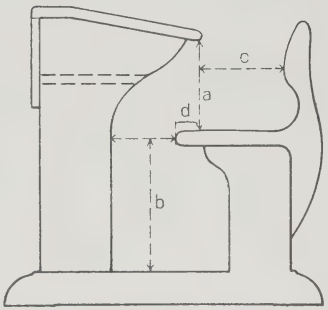


Fig. 5. Schulbank mit Minusdistanz. a = Differenz, b = Sitzhöhe, c = Lehnenabstand, d = Distanz.

Tabelle 7 (zusammengestellt nach H. Selter).

Schulbankmaße.

	Körpergröße in cm	Sitzhöhe in cm	Differenz in cm	Distanz in cm	Lehnenabstand in cm
I.	unter 110	30,0	16,5	— 2,5	21,0
II.	110—120	32,0	18,0	— 4,0	22,5
III.	121—131	35,0	19,5	— 4,0	24,0
IV.	132—142	38,0	22,0	— 5,0	26,0
V.	143—153	41,0	24,0	— 5,0	28,0
VI.	154—164	43,0	26,0	— 5,0	30,0
VII.	165—175	47,0	27,5	— 5,0	31,0
VIII.	über 175	50,0	29,0	— 5,0	33,5

c) Die richtige Höhe des Sitzes ist dann vorhanden, wenn die Füße des Kindes bei gerader Haltung des Oberkörpers mit der ganzen Sohle auf den Boden oder auf das Fußbrett gesetzt sind. Bei zu hohem Sitz setzt sich das Kind auf die vordere Kante der Bank und beugt sich

nach vorn. Ist die Sitzhöhe zu gering, so werden die Oberschenkel gegen den Unterleib gedrückt, oder die Beine werden spitzwinklig im Knie gebeugt oder lang ausgestreckt. Beide Stellungen verursachen vorzeitige Ermüdung und schlechte Körperhaltung. Die Sitzhöhe muß deshalb der Länge des Unterschenkels, etwa 28—29% = $^2/_7$ der Körperlänge entsprechen. Mit zunehmender Körperlänge ändern sich natürlich die Maße, wie aus der Tab. 7 ersichtlich ist.

Die Breite des Sitzbrettes soll $^1/_2$—$^1/_6$ der Körperlänge betragen. Ferner gewährt ein bequemeres Sitzen, wenn der hintere Teil des Sitzbrettes und das untere Ende der Lehne entsprechend der Rundung des Gesäßes etwas ausgeschweift sind, oder man konstruiert das Sitzbrett schwach nach hinten geneigt, so daß es hinten 1 cm tiefer steht als vorn, dadurch wird auch das Vorrutschen auf den vorderen Bankrand erschwert.

d) Die Tiefe der Bank (Sitzraumtiefe) beträgt im allgemeinen $^3/_4$ der Länge des Oberschenkels oder $^1/_5$ = 20% der Gesamtkörperlänge. Bei dieser Tiefe wird auf die Gefäße und Nerven der Kniekehle kein Druck ausgeübt.

e) Nach längerem Sitzen und bei Ermüdung des Kindes nimmt die Neigung des Beckens nach hinten stark zu und zugleich damit eine Ausbiegung der Wirbelsäule mit der Konvexität nach hinten. Um dies zu vermeiden, muß eine Lehne vorhanden sein, an der sich das Kind anlehnen kann. Die richtige Lehne kann entweder in einer einfachen schmalen Kreuzlehne bestehen, besser aber in einem Kreuzwulst an einer oben 3—4° zurückweichenden Rückenlehne. Der Lehnenabstand von der inneren Tischkante muß so groß sein, daß auch beim Schreiben das Kreuz gestützt werden kann.

f) Die Tischplatte soll eine Neigung von etwa 12—15° haben, damit die Gegenstände unter einem möglichst günstigen Sehwinkel betrachtet werden können. Die Tiefe der Platte muß 40—50 cm betragen, wenn das Kind für die Hand und einen Teil des Ellenbogens eine Stütze beim Schreiben usw. haben soll. Als Breitenmaße genügen für jüngere Schüler 55 cm, für ältere bis 65 cm. Auch wird es dem Auge des Kindes wohltuender sein, wenn statt des „toten" schwarzen Anstriches ein brauner oder besser grüner Farbton für die Tischplatte gewählt wird.

g) Das Fußbrett soll mit Rillen nach Art eines Rostes versehen sein, damit der Schüler bei kaltem und nassem Wetter einen warmen und trockenen Fußplatz hat. Weiter ermöglicht ein durchbrochenes Fußbrett, daß der Straßenschmutz auf den Boden fällt und von den Kindern durch Scharren nicht zerstäubt und aufgewirbelt werden kann. Die Breite des Fußbrettes von vorn nach hinten muß wenigstens der Länge des Fußes entsprechen und etwa 15 cm über dem Boden angebracht sein.

Wenn man bedenkt, daß schon in den untersten Klassen bei den Schulkindern Größendifferenzen bis zu 25 cm vorkommen, wird man der amtlichen Vorschrift, daß in jeder Klasse mehrere Banknummern vorhanden sein sollen, nur beipflichten. Im allgemeinen genügen 3—4 Banknummern. Für verkrüppelte oder sonstig körperlich abnorme Kinder werden zweckmäßig noch 2—3 verstellbare einsitzige Schulbänke bereit gehalten. Die Schulbänke sollen so aufgestellt sein, daß das Licht von der linken Seite kommt. In Zeichensälen empfiehlt es sich, das Licht von oben her einfallen zu lassen.

Die beste Möglichkeit, den Fußboden zu reinigen, ist bei aufklappbaren oder verschiebbaren Bänken gegeben. Auch die Mittel-

holmbänke lassen eine leichte Reinigungsmöglichkeit zu, während dies bei den alten Schwellenbänken, die am Boden befestigt waren, nur unvollkommen möglich war.

2. Schulbücher und Schrift.

Beim Druck von Büchern, Zeitungen usw. ist zu beachten: 1. die Höhe und Breite der Buchstaben, 2. die Approche oder der Abstand zwischen je 2 Buchstaben, 3. der Durchschuß oder der Zeilenzwischenraum. Die gebräuchlichsten Schriftarten sind in nachstehender Tab. 8 wiedergegeben.

Tabelle 8.

Die gebräuchlichsten Schriftarten.

(Aus Prausnitz, Grundzüge der Hygiene 1923, 12. Aufl. J. F. Lehmann, München.)

Schriftgrade	Fraktur	Schwabacher	Antiqua	Kursiv	Ungefähre Höhe der Buchstaben (n)
Nonpareille (6 Punkte)	Schule	Schule	Schule	*Schule*	1,0 mm
Petit (8 Punkte)	Schule	Schule	Schule	*Schule*	1,25 mm
Borgis (9 Punkte)	Schule	Schule	Schule	*Schule*	1,40 mm
Corpus od. Garmond (10 Punkte)	Schule	Schule	Schule	*Schule*	1,50 mm
Cicero (12 Punkte)	Schule	Schule	Schule	*Schule*	1,75 mm

Im allgemeinen wird die Größe der Schrift an den Buchstaben „n" gemessen. Dieser ist in der Korpusschrift 1,5 mm groß, in „Cicero"-Druck 1,75 mm, in „Mittel" 2 mm und in „Tertia" 2,5 mm. Beträgt die Größe des kleinen „n" weniger als 1,5 mm wie beim Perl- und Nonpareilledruck, dann ist die Druckschrift für Schulbücher ungeeignet. Die Größe der Schrift muß sich auch nach dem Alter der Schüler richten. Für die untersten Schulklassen wähle man Mittel, besser noch Tertiadruck. Die Dicke der Buchstaben soll wenigstens 0,3 mm, durchschnittlich ein Fünftel der Höhe betragen. Für die Lesbarkeit der Schrift ist außerdem der Durchschuß oder Zeilenzwischenraum maßgebend. Er wird an den kurzen Buchstaben gemessen und muß mit der Länge der Zeilen zunehmen. Als Norm gilt hier 40 : 1, d. h. bei 100 mm Zeilenlänge soll der Durchschuß mindestens 2,5—3,2 mm betragen. Wichtig ist auch die Approche, die Entfernung zweier Buchstaben voneinander, welche 0,5—1 mm betragen sollte, so daß die Zeilenlänge nicht über 90—110 mm hinausgeht, dem entsprechen pro Zeile ca. 60 Buchstaben. Längere Zeilen sind unübersichtlich, verursachen Drehungen des Kopfes und der Augen und führen leicht zur Ermüdung.

Der Druck soll scharf und deutlich sein, zu dem Zweck muß schwarze Druckfarbe und rein weißes oder schwach gelbliches nicht rauhes oder durchscheinendes Papier (Dicke mindestens 0,075 mm) verwendet werden.

Zur Prüfung einer Druckschrift kann der Cohnsche Zeilenzähler verwandt werden. Dieser besteht aus einem Stück Karton mit

einem Ausschnitt von 1 qcm Größe. Auf den Rändern dieses Ausschnittes ist zur Messung der Buchstabenhöhe außerdem ein Maßstab von 0,5 und 1,0 mm Einteilung gebracht. Wird der Zeilenzähler auf eine Schrift gelegt, so dürfen nach Cohn in dem ganzen Ausschnitt nicht mehr als 2 Zeilen mit höchstens 15 Buchstaben sichtbar werden.

Die Größe einer Schrift läßt sich auch dadurch bestimmen, daß man 10 Zeilen mit Zwischenräumen mißt. Der vorgeschriebene Druck soll sich dann auf 4 cm Zeilenraum befinden.

Zur Prüfung der von Schubert vertretenen „Druckdichtigkeit" von 15 Buchstaben auf einem Quadratzentimeter, zählt man am besten die Buchstaben auf einem Quadratdezimeter und dividiert durch 100.

Da der größte Winkel des direkten Sehens 4,5° beträgt und dieser in 25 cm Leseabstand einem Sehkreis von ca. 20 mm entspricht, muß der Druck der Schrift bei Naharbeit so abgemessen sein, daß der auf einmal zu erkennende Lesestoff nicht über einen Sehkreis von 20—22 mm Durchmesser hinausgeht. Zur Messung des direkten schärfsten Erkennens schlägt man um die Mitte der zu prüfenden Stelle mit einem Halbmesser von 1 cm einen Kreis und prüft, ob mehr als der gewünschte Lesestoff in diesen Kreis hineinragt (Graupner). Befinden sich noch andere Zeichen in oder unmittelbar um den Kreis, dann muß das Kind mit größerer Aufmerksamkeit hinsehen und die Augen stärker fixieren; dadurch ermüden die Augen schneller und das Lesen bereitet beim Entziffern Schwierigkeiten, so daß es langsamer erfolgt. Bei richtig abgemessenem Drucke nehmen die Kinder auch unwillkürlich die richtige Arbeitsdistanz an, da beim Nähern das Sehbild nicht besser, sondern vielfach verschlechtert wird.

Die zweckmäßigsten Abmessungen von Druckzeichen für die einzelnen Altersstufen sind von Graupner für das Dresdener Schullesebuch „Muttersprache" in folgendem planmäßigem typographischem Aufbau angegeben worden:

Stufe 1, Fibel	3—9	mm	Grundstrichhöhe	5—18	mm	Durchschuß
Stufe 2	2,1—2,4	„	„	3,5—4,5	„	„
Stufe 3 und 4	1,8	„	„	3,0	„	„
Stufe 5 (Oberstufe) . . .	1,75	„	„	2,5	„	„

Die für den Elementarunterricht an der Tafel geschriebenen Buchstaben oder solche der Lesemaschinen müssen nach Graupner, wenn das „n" auf 9—10 m Entfernung schnell und klar erkannt werden soll, folgende Größenmaße zeigen: 66 mm Höhe, 12 mm Dicke, 18 mm Entfernung der Grundstriche, 6 mm Haarstriche.

Fast alle Autoren verwerfen das Schreiben auf Schiefertafeln, da die Schrift auf der meist nicht sehr sauber abgewaschenen Fläche wenig leserlich ist und die frisch abgewaschene Tafel zu sehr glänzt. Außerdem wird durch das heftige Aufdrücken des Schieferstiftes eine Gewöhnung an schlechte Haltung des Schreibstiftes verursacht. Diese Gefahr besteht allerdings nicht bei Anwendung des weichen und leichten Milchgriffels. Gegen die Abschaffung der Tafeln wurde in manchen Orten mit viel arbeitender Bevölkerung aus wirtschaftlichen Gründen Stellung genommen.

Für die Schreibhefte sind einfache und schwarze Linien den doppelten und blauen vorzuziehen.

Die Wandtafeln sollen eine Länge bis 1,5 m und eine Höhe bis 1,20 m haben und sollen risse- und schwindfrei hergestellt sein. Die Schreibfläche soll mattschwarz, womöglich mit künstlicher Schiefermasse überzogen sein, wenn mit weicher staubgebundener weißer Kreide geschrieben

wird. Besser wahrnehmbar ist jedoch die schwarze Schrift auf weißen Tafeln, die auch als Schülertafeln in den Handel gebracht sind, aber diese haben bisher nur gelegentliche Anwendung gefunden. Die Tafel muß gut beleuchtet sein und zur Vermeidung der Blendung links vom Katheder stehen. Die Gestelltafeln sollen oben nicht zu weit nach hinten geneigt sein, besser ist sogar, sie oben leicht nach vorn überzuneigen (Sieveking).

Vor mehreren Jahren wurde ein eifriger Kampf geführt, ob in der Schule Steilschrift, wie sie in früheren Jahrhunderten ausschließlich gebraucht wurde, oder Schrägschrift geübt werden soll; damit stand im Zusammenhang der Streit um die Lage des Heftes. Allgemein ist jetzt anerkannt, daß das Heft in der Mitte vor dem Schreibenden liegt, an Stelle der früheren Rechtslage. Geteilter Ansicht ist man jedoch noch über die Drehung des Heftes und die dadurch erzielte Steil- oder Schrägschrift. Seitdem Berlin und Rembold durch ihre grundlegenden Arbeiten sich gegen die Steilschrift geäußert haben, da sie dem Bau des Handgelenkes widerspreche, ist der Streit abgeflaut. Außerdem wurde entgegengehalten, daß man in Steilschrift weniger schnell schreiben könne. Solange aber die Steilschrift nicht durchgeführt ist, wird man die schräge Mittellage, bei der der untere Rand des Heftes mit der Tischkante einen Winkel von etwa 30° bildet, gelten lassen, wenn die Körperhaltung dabei einwandfrei ist. Daß aber die Steilschrift eine günstige symmetrische Haltung des Kopfes bewirkt, jede Drehung des Halses oder Rumpfes und dadurch schiefes Sitzen, Wirbelsäuleverkrümmungen und Kurzsichtigkeit vermeidet, ist allgemein anerkannt. Deshalb wird besonders von den Ophthalmologen und Orthopäden diese Schriftart befürwortet.

Fig. 6. Federhaltung nach Wetekamp. Aus Selter, Handb. d. deutschen Schulhyg. 1914. (Steinkopff, Dresden.)

Zur Verhütung der Kurzsichtigkeit müssen die Augen von der Schreibfläche mindestens 33 cm entfernt bleiben. Aus diesem Grunde sollten Kinder unter 1,1 m Größe nicht in die Schule aufgenommen werden, da sie das Auge nicht 33 cm von der Arbeitsfläche entfernt halten können.

Die vielfach erörterte Frage der Wahl der Druck- und Schreibschrift, ob Antiqua (Latein) oder Fraktur (Deutsch), ist heute dahin entschieden, daß von den deutlicher wahrnehmbaren und schneller zu schreibenden lateinischen Buchstaben möglichst ausgedehnter Gebrauch gemacht werden soll.

Auch der lebhaft geführte Kampf um die Haltung der Feder beim Schreiben ist heute beigelegt. Die von Wetekamp angegebene Schreibart (s. Fig. 6), die insbesondere den lästigen Schreibkrampf verhüten soll, ist wohl allgemein wieder aufgegeben, und man verlangt nur, daß eine möglichst ungezwungene Ruhelage der Hand beim Schreiben obwaltet.

Erwähnt sei noch, daß bei manchen Schulkindern das länger dauernde einseitige Tragen von schweren Büchern in der Hand oder in der Mappe oder bei zu schmalen und ungleich langen oder zu langen Schulterriemen zur Verkrümmung der Wirbelsäule führt. Am zweckmäßigsten sind die Schulranzen auf dem Rücken zu tragen, in den unteren Klassen sollte man das seitliche Tragen ganz verbieten. Eine Norm für ihre Höchst-

belastung anzugeben, ist unmöglich, da die Schulkinder nach Alter und Geschlecht und vor allem nach individueller Veranlagung schwanken. Im allgemeinen aber soll die Traglast etwa ein Achtel des Körpergewichts nicht überschreiten.

C. Einfluß der Lehrpläne auf die Ermüdung.

Der Beginn der Schulpflicht ist für die Kinder in den meisten Ländern mit dem vollendeten 6. Lebensjahre festgesetzt. Doch kann auf Grund ärztlicher Untersuchung bei einem körperlich und geistig schwach entwickelten oder kranken Kind der Schulbeginn hinausgeschoben werden.

Vielfach wird die Schule angeschuldigt, gewisse gesundheitliche Schädigungen beim Kind verursacht zu haben. Insbesondere wird die Überbürdung als Hauptgrund für die Schulleiden angegeben. Wenn auch in dieser Hinsicht manches übertrieben wurde, so ist ein gewisser Zweifel bei verschiedenen modernen Forderungen berechtigt. Arzt und Schulmann sollen hier zusammengehen und prüfen, wie die Lehrfächer und Unterrichtsstunden zu verteilen sind, damit keine bedenkliche Übermüdung eintritt. Es ist allerdings äußerst schwer, das Maß des notwendigen Wissens mit der zu fordernden Schonung in Einklang zu bringen.

Wir können von einer Überbürdung der Schulkinder sprechen, wenn die zwischen den Unterrichtsstunden liegenden Pausen zur Herstellung der völligen geistigen und körperlichen Frische nicht mehr ausreichen, oder wenn die Kinder durch den Schulbetrieb so stark in Anspruch genommen sind, daß ihnen keine Zeit mehr übrig bleibt für besondere Liebhabereien, die der individuellen Geistesrichtung entspringen. Gerade in den höheren Schulen wird vielfach über Überbürdung geklagt. Sie äußert sich in Müdigkeit, Druckgefühl im Kopf, Zerfahrenheit, Interesselosigkeit usw. Im hygienischen Interesse sind deshalb die Reformen, die in den letzten Jahrzehnten erstrebt wurden, sehr zu begrüßen.

Der Beginn des ersten Morgenunterrichts soll zu einer Zeit festgesetzt werden, bis zu der die Kinder genügend ausgeschlafen sind. Diese Zeit ist natürlich ganz unbestimmt und abhängig von dem Beginn der Nachtruhe des Kindes und der Familie, von der Weite des Schulweges usw. Im allgemeinen empfiehlt man, in der Stadt in den mittleren und oberen Klassen um ½8—8 Uhr im Sommer und Winter zu beginnen. Wenn auch die Landkinder im allgemeinen früher aufstehen als die Stadtkinder, so ist doch häufig ein längerer Schulweg zurückzulegen und deshalb der Schulbeginn nicht früher als in der Stadt zu legen. Für die Schüler der unteren Klassen wird man am zweckmäßigsten den Schulbeginn erst auf ½9 oder 9 Uhr legen, da diese Kinder einer längeren Nachtruhe (mindestens 9—10 Stunden) und am Morgen längerer Vorbereitungszeit bedürfen.

Eine große Rolle spielte in der Frage der Überbürdung der ungeteilte Vor- und Nachmittagsunterricht, als durch umfangreiche Untersuchungen festgestellt worden war, daß bei ganztägigem Unterricht die Leistungen der Schüler in den Nachmittagsstunden viel geringer waren als bei ungeteiltem Vormittagsunterricht. Auch zeigte sich, daß Schulen mit Nachmittagsunterricht merklich höhere Krankheitsprozente aufwiesen als solche mit ungeteiltem Vormittagsunterricht (Steinhaus). Nach den meisten bisher gemachten Beobachtungen wird sowohl von Schulärzten, Lehrern und Kindern als auch von den meisten Familien der ungeteilte Vormittagsunterricht begrüßt.

Die Dauer der einzelnen Unterrichtsstunden soll in den unteren Klassen (6.—8. Lebensjahr) nur ½stündig, in den mittleren und oberen Klassen 40—45 Minuten dauern. Bei den länger dauernden Unterrichtsstunden machen sich meistens in den letzten Stunden Ermüdungserscheinungen bemerkbar, die Körperhaltung wird schlecht und das Kombinationsvermögen ist vermindert. Deshalb sind die Kurzstunden, die durch Pausen, mit Aufenthalt im Freien, von 10—20 Minuten unterbrochen sind, von Lehrern und Schülern erwünscht. Bei dieser Zeiteinteilung kann man nach Hellpach am Vormittag ohne Bedenken 4½ Stunden unterrichten lassen. Die 6. Vormittagsstunde lehnen Hellpach und viele andere Autoren entschieden ab.

Wenn von manchen Seiten geltend gemacht wird, daß 4—5 Stunden Unterricht eine starke Überbürdung darstellen und schwächliche Kinder diese Leistung nicht vollbringen können, so ist dem entgegenzuhalten, daß im Vergleich zu früher größere Pausen zwischen die einzelnen Stunden eingeschoben sind. Diese längere Erholungszeit wirkt, wie jeder an sich bemerken kann, weit günstiger auf Geist und Körper ein. An den höheren Schulen wird man für die Schüler der oberen Klassen auf die Nachmittagsstunden Gesang, Zeichnen, Haushaltungsunterricht und Leibesübungen verlegen müssen. Soll trotz der Vorzüge des ungeteilten Unterrichts dennoch vor- und nachmittags unterrichtet werden, dann muß wenigstens eine 3stündige Mittagspause vorgesehen sein, damit die entfernt wohnenden Kinder durch die häufigeren Schulwege nicht zu sehr ermüden und während der Hauptverdauungszeit nicht in der Schule sitzen. Allerdings bleibt bei dieser längeren Mittagspause weniger Zeit für die Hausaufgaben übrig; doch dürfte die Freizeit noch genügen, wenn sich alle Lehrer die Ansicht erfahrener Hygieniker und Schulmänner zu eigen machten, daß Kinder der Unterstufe nicht mehr als ½ Stunde, die der Mittelstufe 1½ Stunden und solche der Oberklassen nicht mehr als 2½ Stunden für Hausarbeiten verwenden sollen. Über die Zahlen der in den einzelnen Staaten Deutschlands oberbehördlich festgesetzten Stunden für Hausaufgaben gibt Roller eine interessante und lehrreiche Zusammenstellung.

Die Reihenfolge der einzelnen Lehrfächer am Tage und in der Woche soll nach physiologisch-psychologischen und hygienischen Grundsätzen erfolgen. Nach umfangreichen Ermüdungsprüfungen ist man zu dem Ergebnis gekommen, daß die schweren abstrakten und Kombinationsvermögen erfordernden Fächer (Mathematik und fremde Sprachen) an den Anfang des Stundenplanes gesetzt werden, ihnen folgen die mittelschweren Fächer, die sich mehr mit konkreten Gegenständen befassen (Deutsch, Geschichte, Naturlehre usw.). Als leichte Fächer gelten Zeichnen, Schreiben, Singen, Handarbeit usw. Es muß jedoch betont werden, daß diese Einteilung nicht als ideale Norm betrachtet werden kann, da die Schwere der einzelnen Fächer sehr von der pädagogischen Tüchtigkeit des Lehrers und der Neigung des Schulkindes zu dem betreffenden Fach abhängig ist (Roller).

Vielfach wurden auch Klagen laut, daß die Leistungen der Schüler in der ersten Unterrichtsstunde den Erwartungen nach der langen Ruhepause nicht entsprechen. Es ist deshalb zu empfehlen, als erste Unterrichtsstunde ein mittelschweres Fach anzusetzen, damit sich die Kinder erst allmählich in den Schulbetrieb einfühlen können. Vielfach kommen sie schon ermüdet in die Schule, sei es, weil sie sich zu spät ins Bett legten, zu spät aufstanden, oder zu lange Schulwege zurücklegen mußten.

Das vielfach empfohlene Zehnminuten-Turnen in den Pausen hat sich aus schultechnischen Gründen nicht bewährt. Sicher nicht zum Schaden der Schüler, wenn darauf gesehen wird, daß die Kinder in den Schulpausen ungezwungen herumlaufen und nicht die Zeit mit Herumstehen oder Vorbereitung für den nachfolgenden Unterricht gebrauchen. Sehr zu empfehlen ist es, die Schulkinder während der Unterrichtsstunden öfters aufstehen zu lassen, zum Aufrechtsitzen aufzufordern oder den Kopf zu heben. Dadurch wird das Becken, wie aus Fig. 7 ersichtlich ist, aufgerichtet und Brust- und Lendenwirbelsäule werden deutlich eingezogen.

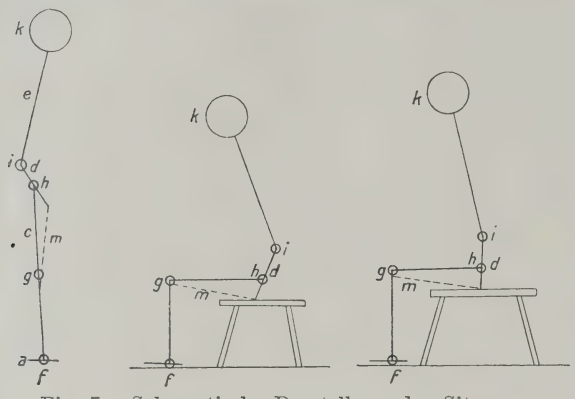


Fig. 7. Schematische Darstellung des Sitzens. Aus Lehmanns med. Atlanten, Bd. 8.

Vgl. auch zu diesem Kapitel den vorstehenden Abschnitt von Griesbach.

D. Fürsorgeeinrichtungen vorbeugender Art für die Schuljugend.

Die Untersuchung aller Schulkinder auf ihren körperlichen und geistigen Zustand durch haupt- oder nebenamtlich angestellte Schulärzte ist heute in den meisten Schulen durchgeführt. Zur hinreichenden Beurteilung des Gesundheitszustandes der Kinder genügt es jedoch nicht, daß die Kinder durch Reihenuntersuchungen ein- oder zweimal, z. B. beim Schulbeginn und am Schulende, untersucht werden, sondern es müssen sämtliche Kinder jährlich einmal und in besonderen Fällen öfters nachkontrolliert werden. Außerdem sollen in regelmäßigen Sprechstunden die Überwachungsschüler und solche, die aus irgendeinem Grunde hingeschickt werden, untersucht werden können. Durch Klassenbesuche soll ferner der Schularzt einen Überblick über den Gesundheitszustand der ganzen Klasse erhalten.

Die schulärztliche Tätigkeit beschränkt sich lediglich auf die Untersuchung, Begutachtung und Beratung, während die Behandlung etwaiger festgestellter Leiden anderen Ärzten überlassen bleibt. Neuerdings ist man immer mehr dazu übergegangen, die Krankheitszustände durch Schulfachärzte behandeln zu lassen, insbesondere kommen in Betracht die Schulzahnärzte, -Nasen- und -Augenärzte. Mancherorts sind auch Psychiater und Neurologen angestellt.

Die schulärztliche Untersuchung der neueingeschulten Kinder erstreckt sich sowohl auf die sechsjährigen Kinder als auch auf Schüler, die von anderen Schulen zugezogen sind. Als Grundlage für die erste Untersuchung dient vielfach ein von den Eltern oder deren Stellvertretern auszufüllender anamnestischer Fragebogen, auf den die wichtigsten überstandenen oder noch bestehenden Leiden des Kindes verzeichnet werden. Von den meisten Schulärzten wird diesem Fragebogen aber wenig Be-

deutung beigelegt, da die Angaben der Eltern oft ungenau, ja sogar absichtlich gefälscht sind. Es ist deshalb empfohlen worden, den Fragebogen bei der ersten ärztlichen Untersuchung, zu der die Eltern und die Lehrer eingeladen werden, ausfüllen zu lassen.

Die Untersuchung der Schulanfänger erstreckt sich zunächst auf die Feststellung, ob die Kinder schulreif sind. Häufig werden rachitische, skrofulöse, unterernährte und blutarme Kinder auf ein Jahr zurückgestellt oder in Spezialklassen aufgenommen werden müssen. Bei den als schulreif bezeichneten Kindern wird dann noch auf ansteckende Krankheiten, Ungeziefer, Krätze usw. untersucht und bestimmt, ob eine öftere Untersuchung notwendig ist.

Einige Wochen (am besten 3—6) nach Beginn des Schulbetriebes, wenn die Kinder sich an das Schulleben gewöhnt haben, soll dann eine eingehende körperliche und geistige Untersuchung erfolgen. Der erhobene Befund wird von dem Schularzt in einem für die ganze Schulzeit geltenden Gesundheitsbogen oder -Paß eingetragen (s. Tab. 9). Zweckmäßig werden auch auf dem Gesundheitsscheine folgende (in Charlottenburg von der Schuldeputation vorgeschriebene) bemerkenswerte Vorgänge eingetragen:

1. Jede Krankheit, welche länger als 14 Tage dauernde Schulversäumnis zur Folge hat oder sonst von Bedeutung für den weiteren Gesundheitszustand des Kindes sein könnte. Hierher gehören insbesondere Infektionskrankheiten, Gelenkrheumatismus, schwere Influenza, Lungenleiden, Typhus, Blinddarmentzündung und alle Arten von Krämpfen. Bei Krankheiten, über die kein ärztliches Zeugnis vorgelegen hat, ist bei der Notiz zu bemerken „angeblich".

2. Operationen, die an den Kindern vorgenommen sind, z. B. wegen Blinddarmentzündung, Bruchleiden, Mittelohreiterung, Wucherungen im Nasenrachenraum usw.

3. Die Aufnahme in eine Lungenheilstätte, Walderholungsstätte oder Ferienkolonie.

Als Formular sollte ein einheitlich gestaltetes Muster in Anwendung kommen, damit eine einwandfreie schulärztliche Statistik geführt werden kann, die einmal als Grundlage für eine Gesundheitsstatistik des ganzen Volkes dienen könnte. Sehr zu empfehlen als Reichsgesundheitsschein ist der von Poelchau aufgestellte Charlottenburger Gesundheitsschein.

Ergeben sich bei der Untersuchung irgendwelche krankhafte Veränderungen, so werden diese Kinder (durchschnittlich etwa 10%) unter besondere ärztliche Überwachung gestellt. Poelchau vermerkt dieses, mit Angabe des Datums, durch Eintragung der Buchstaben A (Aufsicht), K (Kontrolle) oder Ü (Überwachung) in der rechten oberen Ecke des Gesundheitsbogens. Ist die besondere ärztliche Überwachung nicht mehr notwendig, dann wird diese Eintragung durchstrichen und die Zeit angegeben, wann die Entlassung aus der Überwachung erfolgte. In der Spalte 9 des Gesundheitsbogens kann noch vermerkt werden, ob der Überwachungsschüler einer besonderen Berücksichtigung im Schulbetrieb bedarf (besonderer Sitzplatz, Befreiung vom Turnen usw.), ferner ob noch ärztliche Behandlung zu empfehlen ist oder ob sie mit Erfolg durchgeführt ist. Abgesehen von den Überwachungsschülern sollen alle Kinder öfters untersucht werden; an manchen Orten erfolgen die Untersuchungen im 3., 5. und 8. Schuljahr, vielfach auch alljährlich.

Bezüglich der Technik der Organuntersuchungen bei den Kindern sei auf die einschlägigen klinischen Werke verwiesen.

(Aus „Anleitung für die schulärztliche Tätigkeit“ von Poelchau, 1926. Leipzig, L. Voß.)

Vorderseite.

Gesundheitsklasse: | **Gesundheitsschein** für ..... | von ..... bis .....

geboren den ..... 192 Sohn — Tochter .....

Schule ..... seit ..... Schule ..... seit ..... Schule ..... seit .....

Angabe der Eltern: Belastung: Tb? Ja, nein. Nervenleiden? ..... Brustnahrung? Ja, nein ..... Monate.

Säuglingsfürsorge? Ja, nein. Rachitis, Krämpfe, Bettnässen, Masern, Scharlach, Diphtherie, Keuchhusten, Windpocken.

Aufnahmeuntersuchung	Körperlicher Allgemeinzustand, Haut und Haar (Parasiten), Drüsen und Konstitutionsleiden	Innere Organe (einschließlich Brüche)	Muskeln, Knochen und Gelenke	Mundhöhle (Zähne, Nase und Sprache)	Ohren und Gehör	Augen, Lider und Sehschärfe	Geistiger und seelischer Allgemeinzustand, Nervensystem	Bemerkungen und Vorschläge für die Behandlung in der Schule (Mitteilungen an die Eltern und Erfolg)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dat. Kl.								

Rückseite.

Aufnahmeuntersuchung	Größe cm	Gewicht kg	Bemerkungen des Klassenlehrers. Schlechtes Mitkommen, Eigentümlichkeiten, besondere häusliche Verhältnisse, Krankheiten, Heilstätten- und Erholungsaufenthalt
	10	11	12
Dat. Kl.			

Untersuchungen zu besonderen Zwecken.

Grund der Untersuchung	Datum der Untersuchung	Befund und Anordnungen	Mitteilung an die Eltern	Erfolg
13	14	15	16	17
Berufsberatung. Erwählter Beruf*):				
Liegen Bedenken gegen diesen vor*):				

Der Bogen enthält acht horizontal verlaufende Spalten für die acht Schuljahre. Die erste, für die Aufnahmeuntersuchung bestimmte Spalte ist breiter als die folgenden.

*) In praxi an den unteren Rand des Bogens zu setzen.

Bei der ersten Untersuchung der Schulkinder finden sich durchschnittlich 8—12%, die noch nicht schulreif sind. Für solche Kinder sind in manchen Orten Schulkindergärten eingerichtet, in denen sie durch besondere ausgebildete Pflegerinnen körperlich und geistig gefördert werden. Da der Aufenthalt in den Schulgärten auf die Schulzeit angerechnet wird, werden der Aufnahme von seiten der Eltern kaum noch Schwierigkeiten bereitet. Am Ende des Schuljahres erfolgt dann vom Schularzt eine Schlußuntersuchung. Je nach dem Ergebnis wird das Kind in die Normalschule aufgenommen oder einer B-Klasse (Förderklasse) übergeben. Letztere nehmen körperlich schwache, aber geistig normale Kinder auf, die einer individuelleren Behandlung als die Normalschüler bedürfen. Zu dem Zwecke werden die Wochen- und Unterrichtsstunden verkürzt, die Pausen verlängert, und der Unterrichtsstoff wird auf 1½ Jahre verteilt.

Im Gegensatz zu den B-Klassen nehmen die A- oder Begabten-Klassen Schüler auf, deren Kenntnisse den Durchschnitt der anderen Schüler weit überragen. In 4 Jahren sollen sie das Pensum der entsprechenden Mittelschulklassen erledigen und eine fremde Sprache erlernen. Bei der Auswahl der für die A-Klasse bestimmten Schüler muß eine eingehende ärztliche Untersuchung stattfinden, da körperlich schwache Kinder den gestellten Anforderungen nicht entsprechen können.

Für schwachbegabte, psychisch und intellektuell minderwertige, aber doch bildungsfähige Kinder sind vielfach in größeren Städten sogenannte Hilfsschulen eingerichtet. Damit eine möglichst individuelle Unterrichtung stattfinden kann, sollen in einer Klasse nicht mehr als 25 Kinder untergebracht sein. Deshalb kann auch ein bestimmter Lehrplan nicht aufgestellt werden. Häufig wird man sich mehr auf die Erziehung als auf den Erwerb von Kenntnissen beschränken müssen. Die Unterrichtszeit soll wie in den B-Klassen verkürzt sein, im allgemeinen soll nicht mehr als 4 Kurzstunden unterrichtet werden.

Schwer schwachsinnige Kinder, die nach 2jährigem Aufenthalt in der Hilfsschule den Erwartungen nicht entsprochen haben, sollen einer Sammelklasse, einer einklassigen Schule überwiesen werden. Im allgemeinen beträgt nach Poelchau das Intelligenzalter der Kinder der Sammelklasse nicht mehr als 4 Jahre. Erweist sich auch hier eine mangelhafte Ausbildungsfähigkeit, so müssen die Kinder einer Idiotenanstalt überwiesen werden. Ebenso sollen normal veranlagte, aber erziehlich vernachlässigte oder psychisch anormale Kinder, ferner Epileptiker und Psychopathen nicht in der Hilfsschule bleiben, sondern müssen in Spezialanstalten untergebracht werden.

In vielen Städten sind auch besondere Klassen oder Schulen für schwerhörige Schulkinder eingerichtet. Für die Aufnahme geeignet sind solche Kinder, die selbst auf einem besonders ausgewählten Platz in der Nähe des Katheders dem Unterricht nicht folgen können. Der Unterrichtsstoff ist dem der Normalschulen annähernd gleich, nur etwas verkürzt.

Stotterer, Lispeler und Stammler sollen Kurse mitmachen, die durch besonders vorgebildete Lehrer abgehalten werden. Schwere Fälle bedürfen spezialärztlicher Behandlung.

Erwähnt sei auch, daß alle Kinder mit Verkrüppelungen bei der zuständigen Krüppelfürsorgestelle zu melden sind; diese sucht durch geeignete Behandlung die Kinder so weit zu bessern, daß sie später erwerbsfähig werden. In schweren Fällen ist die Aufnahme in Krüppelschulen oder Krüppelheimen zu veranlassen, die zugleich Behandlungsstätte,

Schule und Berufsvorbereitungsstätte darstellen. Nähere Aufklärung über die Bestrebungen der Krüppelfürsorgestellen gibt ein Merkblatt, das von der Deutschen Vereinigung für Krüppelfürsorge (Berlin-Dahlem, Kronprinzenallee 171) herausgegeben ist.

Von den Wohlfahrtseinrichtungen zum Schutze kranker oder gefährdeter Kinder sind noch die Tuberkulosefürsorgestellen zu nennen, die allenthalben in Deutschland eingerichtet sind. Bei den günstigen Aussichten der Heilung dieser Erkrankung im Schulalter sollen Lehrer und Schularzt innige Zusammenarbeit mit den Fürsorgestellen betreiben. Nach dem Vorschlag von Braeuning und Lorentz soll in der obersten Klasse der Schulen eine Tuberkulosewoche abgehalten werden. Dem Beispiele Stettins sind bereits viele andere Städte gefolgt, da man mit Recht in dieser Belehrung ein wichtiges Mittel zur Bekämpfung der Tuberkulose sieht. Vom Reichsgesundheitsamt ist ein Tuberkulosemerkblatt herausgegeben, zu beziehen von der Geschäftsstelle des Deutschen Zentralkomitees zur Bekämpfung der Tuberkulose, Berlin, Königin-Augusta-Str. 7.

In manchen Städten sind in den Schulen oder in besonderen Gebäuden sogenannte Schulhorte eingerichtet, in denen Schulkinder, die in ungünstigen häuslichen Verhältnissen leben, nach Beendigung des Unterrichts Aufnahme finden. Die Kinder können in den Horten unter Aufsicht ihre Schularbeiten machen, im Freien spielen, Handarbeiten verrichten usw. Auch können die Kinder dort speisen, eventuell besondere Zulagen erhalten, auch besteht vielfach die Möglichkeit, Liege- und Lichtkuren durchzuführen.

Als segensreiche Einrichtung für schwächliche und kränkliche Kinder, insbesondere mit leichten Herzfehlern, Luftröhrenkatarrhen, Drüsenschwellungen usw. müssen die Waldschulen angesehen werden. Je nach den Witterungsverhältnissen wird der Unterricht im Freien oder in Klassenbaracken erteilt. Lehrstoff und Klasseneinteilung entsprechen dem der Normalschulen. Die Unterrichtsstunden sind jedoch kürzer und auf 3 bis 4 Tage vermindert. Die Kinder kommen morgens in die Schule und gehen abends nach Hause zurück. Beköstigung wird in der Schule gegeben. In der freien Zeit besteht Gelegenheit für Spiele im Freien, Liegekuren, Beschäftigung im Garten usw. Der günstige Einfluß der Waldschulen auf den Gesundheitszustand der Kinder ist heute allgemein anerkannt.

In der Nachkriegszeit sind die Bestrebungen der Erholungsfürsorge sehr in den Vordergrund getreten. Nach Hoffa verstehen wir unter Erholungsfürsorge die Gesamtheit der Maßnahmen, die von öffentlichen Behörden oder Organisationen der privaten Wohlfahrtspflege getroffen werden zur Beseitigung von Krankheitsfolgen, zur Bekämpfung konstitutioneller Minderwertigkeiten und angeborener oder erworbener Krankheitsbereitschaften. Die Kinder werden entweder bei Bauern auf dem Lande untergebracht (offene Fürsorge) oder in Kolonien und Heimen verschickt (geschlossene Fürsorge). Je nachdem die Kinder in der Heimat oder auswärts sich erholen, wird auch eine örtliche oder auswärtige Erholungsfürsorge unterschieden.

Zu diesen Fürsorgeeinrichtungen zählen auch die Ferienkolonien, die darin bestehen, daß eine Gruppe von Kindern in den Ferien bei Bauern, in Heimen am Meeresstrand, in Bädern, Waldgebirgen usw. auf Kosten von Wohlfahrtsvereinen oder Kommunen untergebracht werden. Für den Aufenthalt in Ferienkolonien kommen nur Kinder in Frage, die schwächlich, unterernährt, blutarm, skrofulös usw. sind. Die Auswahl des Ortes

muß vom Schularzt getroffen werden. Kinder mit Herzleiden, Knochenerkrankung, Verkrüppelte, Bettnässer, ferner schwächere, die nicht für die Ferienkolonien geeignet sind, werden zweckmäßiger in Walderholungsstätten, die meistens in der Nähe der Städte errichtet sind, untergebracht. An manchen Orten können auch tuberkulöse Kinder Aufnahme finden. Als Heilmethoden kommen hier in Anwendung Liegekuren, Bäder, Mastkuren, Bestrahlungen usw. Der Betrieb ist ähnlich wie in den Waldschulen, doch wird kein Unterricht erteilt. In einigen Walderholungsstätten sind auch Schlafbaracken errichtet, so daß die Kinder während der Nacht den wohltuenden Einfluß des Aufenthaltes im Freien genießen können.

Erwähnt seien noch die zuerst in Krefeld 1897 eingeführten Ferienspiele (Tages- oder Halbtagskolonien). Die Schulkinder sammeln sich in den Ferien an bestimmten Tagen auf dem Schulhof, wandern oder fahren gemeinsam hinaus, um sich auf Freiflächen außerhalb der Stadt unter Aufsicht von Lehrern und Jugendpflegern herum zu tummeln. Vielfach besteht auch die Möglichkeit der Solbäder- und der Liegekurenbehandlung.

Wenn diese Ferienspiele auch nur einen Notbehelf darstellen, so sind sie doch für die Kinder, die die oben erwähnten gesundheitlichen Fürsorgen nicht genießen können, ein nicht zu unterschätzendes Erholungs- und Kräftigungsmittel.

An dem weiteren Ausbau dieser Wohlfahrtseinrichtungen mitzuarbeiten, soll die vornehmste Aufgabe der Gemeinden, Lehrer und Schulärzte sein, da es gilt, einer in der Kriegs- und Nachkriegszeit schwer geschädigten Jugend die gesundheitliche Tüchtigkeit ihrer Vorfahren wiederzugeben. Wenn auch die oben genannten Einrichtungen der Schulgesundheitspflege nur einen kleinen und früher sehr vernachlässigten Teil der allgemeinen Wohlfahrtspflege darstellen, so mahnen uns die bisher erzielten Erfolge, in diesem Streben fortzufahren und alle jugendlichen Personen, nicht allein die Volksschüler, dieser Fürsorge teilhaftig werden zu lassen.

Literatur.

Ammon, Arch. f. Rassen- u. Gesellschaftsbiologie 1909, Bd. 6, S. 698.
Arbo, zit. Hueppe, Hygiene der Körperübungen. Hirzel, Leipzig 1922.
Ascher, Planmäßige Gesundheitsfürsorge. Berlin 1913.
Ders., Veröffentl. a. d. Geb. d. Medizinalverwalt. 1912.
Baldwin, Anthropologischer Anzeiger 1925, Bd. 2, S. 164.
Bartels, zit. Müller, Die Leibesübungen. Teubner, Berlin, Leipzig 1926.
Bauer, Deutsch. Arch. f. klin. Med. 1918, Bd. 126, S. 196.
Becher u. Lennhoff, zit. Bauer, Methoden der Konstitutionsforschung, in Abderhaldens Handb. d. biol. Arbeitsmethoden 1923, Lief. 116.
Beneke, zit. F. A. Schmidt, „Körperliche Entwickelung und Pflege", in Selters, Handb. d. deutschen Schulhygiene.
Berger, Zeitschr. f. Gesundheitsfürsorge 1923, Nr. 4, S. 108.
Berlin u. Rembold, Untersuchungen über den Einfluß des Schreibens auf Auge und Körperhaltung der Schulkinder. W. Kohlhammer, Stuttgart 1893.
Bornhardt, Petersb. med. Wochenschr. 1886, S. 108.
Braeuning u. Lorentz, Die Tuberkulose und ihre Bekämpfung durch die Schule. J. Springer, Berlin 1925.
Broca, zit. Gottstein u. Tugendreich, Sozialärztliches Praktikum. J. Springer, Berlin 1918.
Brugsch, Allgemeine Prognostik. Urban & Schwarzenberg, Berlin u. Wien 1918.
Burgerstein, Schulhygiene. B. G. Teubner, Leipzig 1912.
Buschan, Menschenkunde. Strecker & Schröder, Stuttgart 1909.
Camerer, Württemb. med. Korrespondenzbl. 1905, Nr. 23.
de la Camp, Beitrag zu konstitutionellen Mittelwerten. Berliner klin. Wochenschr. 1918, Nr. 22.

Chaillou et Mc Auliffe, Morphologie medicale. Étude des quatre types humains. O. Doin, Paris 1912.
Cohn, Wie sollen Bücher und Zeitungen gedruckt werden? Vieweg & Sohn, Braunschweig 1903.
Davenport, Americ. Journ. of Physical Anthrop., Bd. 3, Nr. 4.
Delius, Bau und Einrichtung der staatlichen höheren Lehranstalten in Preußen. Ernst & Sohn, Berlin 1927.
Drescher, Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege 1921, 34. Jahrg., S. 79.
v. Drigalski, Schulgesundheitspflege, ihre Organisation und Durchführung. S. Hirzel, Leipzig 1912.
Dufestel, Guide pratique des médecins inspecteurs des écoles. Paris 1910.
Dukes, M. D. B. S. Lond., Health at school. Fourth ed. Lond., Rivingtons 1905, S. 104.
Erismann, Bericht über den 1. intern. Kongreß für Schulhygiene 1904 in Nürnberg, Bd. 1, S. 286. Arch. f. soziale Gesetzgebung 1888, Jahrg. I.
Florschütz, Allgemeine Versicherungsmedizin. Mittler, Berlin 1914.
Freudenberg, Arch. f. soziale Hygiene u. Demographie 1926, Bd. 1, H. 5.
Fürst, Zeitschr. f. pädag. Psychol. 1925, Jahrg. 26, Nr. 8/9.
Fürst u. Pfeiffer, Schulhygienisches Taschenbuch. L. Voß, Leipzig 1907.
Gastpar, „Soziale Hygiene und Schulalter", im Handb. d. soz. Hygiene u. Gesundheitsfürsorge von Gottstein, Schloßmann u. Teleky 1927, Bd. 4. J. Springer, Berlin.
Godin, La croissance pendant l'âge scolaire. Neuchâtel 1915.
Gottstein, Schulgesundheitspflege. Quelle & Meyer, Leipzig 1926.
Graupner, Zur Physiologie u. Hygiene des elementaren Lesens. Second international congress on schoolhygiene. London 1907.
Ders., „Spezieller Teil der Unterrichtshygiene", in Selters Handb. d. deutschen Schulhygiene.
Gruber, M. v., Bericht über den 1. intern. Kongreß für Schulhygiene 1904 in Nürnberg, Bd. 1, 1, S. 286.
Hasse, Beitr. z. Geschichte u. Statistik des Volksschulwesens in Gohlis. Leipzig 1891.
Hellpach, Der ungeteilte Unterricht. Ges. Jug., 1905, Ergänzungsheft S. 58.
Hennig, „Hygiene des Schulgebäudes", in Prausnitz, Atlas u. Lehrb. d. Hygiene. Lehmanns med. Atlanten, Bd. 8.
Hertel, Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege 1894, S. 546.
Hoesch, Das Schulkind usw. Leipzig 1906.
Hoffa, Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege 1924, Nr. 12, S. 466.
Hüppe, Hygiene der Körperübungen. S. Hirzel, Leipzig 1922.
Kißkalt, „Arme", im Handb. d. Hygiene von Rubner, Gruber u. Ficker 1912, Bd. 4, 1. Abt. S. Hirzel, Leipzig.
Kohlrausch, Sportärztliche Winke. Grethlein, Leipzig 1922.
Livi, Antropologia militare 1898, 1905; Ref. in Arch. f. Rassen- u. Gesellschaftsbiologie 1906, Bd. 3, S. 725.
Mackeprang, zit. Hüppe, Hygiene der Körperübungen.
Martin, Anthropometrie, in Handb. d. soz. Hygiene u. Gesundheitsfürsorge von Gottstein, Schloßmann u. Teleky, Bd. 1. J. Springer, Berlin 1925.
Matsuoka, Fuyuki and Shintaro Ishii, Scient. reports from the government inst f. infect. dis. Tokyo 1927, Bd. 5. Ref. Zentralbl. f. d. ges. Hygiene u. ihre Grenzgebiete 1928, Bd. 16, H. 11/12.
Matthias, Die gegenwärtigen Erziehungs- u. Unterrichtsmethoden im Lichte der Biologie. P. Haupt, Bern 1922.
Müller, Die Leibesübungen. B. G. Teubner, Leipzig 1926.
Niceforo, Anthropologie der nichtbesitzenden Klassen. Leipzig u. Amsterdam 1910
Nußbaum, Schulzimmer, 1907, H. 3.
Oeder, Zeitschr. f. Versich.-Med. 1909, Bd. 2.
Ders., Med. Klinik 1910, Nr. 17.
Oettinger, Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten 1922, Bd. 98, S. 348.
Oppenheimer, Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege 1909, S. 880.
Peiper, Concordia 1911, 18. Jahrg., Nr. 1.
Peiser, Tuberkulose-Fürsorge-Blatt 1921, Nr. 5/6.
Pfaundler, Zeitschr. f. Kinderheilkunde, Bd. 29, H. 5/6.
Ders., Körpermeßstudien von Kindern. J. Springer, Berlin 1916.
Pignet, Bull. med. 1901, Nr. 33.
v. Pirquet, System der Ernährung. Berlin 1919.
Prinzing, Deutsche med. Wochenschr. 1924, Nr. 30.
Quetelet, zit. Süpfle, „Hygiene des schulpflichtigen Alters", im Handb. d. Hygiene von Rubner, Gruber u. Ficker 1912, Bd. 4.

Rautmann, Konstitutionsforschung und Kollektivmaßlehre. Zeitschr. f. Konstitutionslehre, Bd. 9, H. 2. J. F. Bergmann u. J. Springer, München-Berlin 1923.
Ders., Untersuchungen über die Norm. G. Fischer, Jena 1921.
Rieder, zit. Müller, Die Leibesübungen.
Rietz, Arch. f. Anthropol. 1904, N. F., Bd. 1.
Roeßle u. Boening, Veröffentl. a. d. Kriegs- u. Konstitutionspathol. 1924, Bd. 4, H. 1.
Rohrer, Münch. med. Wochenschr. 1921, S. 850.
Ders., Korrespondenzbl. d. deutsch. Gesellsch. f. Anthropologie, Bd. 39, S. 5.
Roller, Lehrerschaft und Schulhygiene. Leipzig 1907.
Ders., Zeitschr. f. Gesundheitspflege 1906, Bd. 1.
Rost, Veröffentl. d. Reichs-Ges.-Amts Nr. 37 (1922) und Nr. 7 (1923), Sonderbeilagen.
Rubin, zit. Gruber, Münch. med. Wochenschr. 1903, S. 1781.
Schmid-Monnard, Zeitschr. f. Gesundheitspflege 1894, S. 626 u. 1897, S. 676.
Schmidt, F. A., „Körperliche Entwicklung und Pflege", in Selters Handb. d. deutschen Schulhygiene.
Ders., Arch. f. Anthropol., Bd. 21, S. 385.
Schubert, zit. Leubuscher, in Abels Handb. d. prakt. Hygiene 1913, Bd. 2.
Schwiening, Deutsche mil.-ärztl. Zeitschr. 1908 und Deutsche med. Wochenschr. 1914, Bd. 40, S. 498 u. 556.
Selter, Handb. d. deutschen Schulhygiene. Th. Steinkopf, Dresden u. Leipzig.
Seyffart, Deutsche mil.-ärztl. Zeitschr. 1911, Nr. 40, S. 855.
Sieveking, Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege 1904, S. 241.
Sigaud, Essai d'interpretation de l'évolution individuelle de l'homme par la morphologie abdominale 1904.
Steinhaus, Zeitschr. f. Gesundheitspflege 1907, Nr. 9/10.
Stephani, Prophylaxe des Wachstums u. Methode der Körpermessung. Das Schulzimmer 1907, H. 2.
Stephenson, zit. F. A. Schmidt, in Selters Handb. d. deutschen Schulhygiene.
Stiller, Die asthenische Konstitutionskrankheit. F. Henke, Stuttgart 1907.
Stratz, Der Körper des Kindes und seine Pflege. Stuttgart 1909.
Süpfle, „Hygiene des schulpflichtigen Alters", im Handb. d. Hygiene von Rubner, Gruber u. Ficker 1912, Bd. 4. S. Hirzel, Leipzig.
Tandler, Konstitution und Rassenhygiene. Zeitschr. f. angew. Anat. u. Konst. 1913, Bd. 1, S. 11.
Viola, zit. J. Bauer, in Abderhaldens Handb. d. biol. Arbeitsmethoden 1923, Lief. 116.
Wetekamp, Selbstbetätigung und Schaffensfreude. Leipzig 1910.
Wimmenauer, Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege 1910, Nr. 5.
Wittek, „Schulbänke", in Prausnitz, Atlas u. Lehrb. d. Hygiene. Lehmanns med. Atlanten, Bd. 8.
Wolff, Arch. f. soziale Hygiene u. Dermographie 1926, Bd. 1, H. 6.
Ziemssen, zit. Müller, Die Leibesübungen.

Die hygienischen Methoden zur Untersuchung der einzelnen Infektionskrankheiten.

Von

E. Gotschlich, Heidelberg.

Mit 69 Abbildungen im Text.

Einleitung.

Die hygienische Untersuchung einer Infektionskrankheit setzt sich das Ziel, die Entstehung und Weiterverbreitung der Ansteckung zu verhindern oder doch nach Möglichkeit einzuschränken. Unter Umständen sind Fälle klinischer Erkrankung, insbesondere beim Menschen, noch gar nicht in Erscheinung getreten, wie wenn z. B. der Krankheitserreger etwa nur bei erkrankten Tieren (Nachweis pestinfizierter Ratten auf Schiffen) oder nur bei latent infizierten Individuen (Diphtheriebazillenträger in einer Schule, Typhus- oder Ruhrausscheider in einer Irrenanstalt) oder nur in der Außenwelt nachgewiesen worden ist (Tetanusbazillen in Erde) oder sogar mangels des direkten Nachweises nach Maßgabe der Verhältnisse mit der bloßen Wahrscheinlichkeit seines Vorkommens zu rechnen ist (Maßnahmen zur Verhütung anaerober Wundinfektionen bei Schußverletzungen u. dgl.). In solchen Fällen ist es ohne weiteres klar, daß nicht der einzelne Erkrankungsfall, der hier ja noch gar nicht vorliegt, sondern in seinem Zustandekommen verhütet werden soll, das alleinige Objekt der hygienischen Erforschung ist; und in anderen Beispielen, wo es sich bereits um klinische Erkrankungen handelt, wird zwar auch der Einzelfall in die hygienische Fürsorge einbezogen, aber die Aufgabe des Hygienikers geht über die des Therapeuten hinaus, indem sie stets die Allgemeinheit und ihren Schutz vor Weiterverbreitung der Ansteckung im Auge behält. Die eigentliche Aufgabe der Heilkunst, die ausgebrochene Krankheit beim einzelnen Patienten zu heilen, gehört zwar auch in den Kreis hygienischer Bestrebungen hinein; denn, wie insbesondere R. Koch am Beispiel der Malaria gezeigt hat, jeder einzelne geheilte Fall bedeutet zugleich eine Ansteckungsquelle weniger; ja bei sehr weitverbreiteten Volkskrankheiten, z. B. der Tuberkulose, kann man auf diesem Wege der Heilung des einzelnen Erkrankten auch für die Eindämmung der Krankheit als Volksseuche unter Umständen praktisch eher vorwärts kommen als durch rein hygienische Maßnahmen, die sich gegen die Bedingungen der Weiterverbreitung des Erregers richten, und es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß der Abstieg der

Kurve der Tuberkulosesterblichkeit in den 30 Jahren vor dem Weltkrieg in Deutschland wenigstens zum Teil einer solchen verbesserten Krankenfürsorge, durch den Ausbau unserer sozialen Gesetzgebung, zuzuschreiben ist. Aber das Ziel der hygienischen Maßnahmen geht doch eben von Anfang an über den Einzelfall hinaus und erstreckt sich auf die Allgemeinheit, und dieser erweiterten Zielsetzung entspricht auch eine erweiterte Methodik, die außer der Untersuchung der Einzelerkrankung stets die Erforschung der Seuche als Massenerscheinung erstrebt, sich also außer der klinischen und mikrobiologischen Verfahren auch der epidemiologischen Methoden bedient. Die klinischen Untersuchungsverfahren gehören selbstverständlich nicht in den Rahmen dieses Handbuches; dennoch muß hier auf ihre grundsätzliche Bedeutung hingewiesen werden, die darin besteht, daß sie den ersten Fingerzeig für das Vorhandensein der betreffenden Infektionskrankheit liefern und den behandelnden Arzt sowie den mit der Ermittlung der Verbreitung der Seuche betrauten Epidemiologen überhaupt erst auf die rechte Spur lenken; besonders wer das erstmalige Auftreten einer Seuche in einem bisher von dieser Infektion freien Lande miterlebt hat, der weiß diese hier wie bei den gewöhnlichen endemischen Krankheiten geradezu unentbehrliche Mitarbeit des praktischen Arztes richtig einzuschätzen. In gewissen Fällen, wie z. B. bei der Tuberkulose, sind ja auch die klinischen Untersuchungsmethoden, hier das Röntgenverfahren (Redeker), viel wirksamer für die rechtzeitige Erkennung der beginnenden Erkrankung als die bakteriologische Diagnostik. In vielen anderen Fällen verhält es sich freilich gerade umgekehrt und sind die mikrobiologischen Untersuchungsmethoden der klinischen Diagnostik weit überlegen, insbesondere zur rechtzeitigen Erkennung leichter und atypischer Fälle (Diphtherie, Unterleibstyphus) oder zur Unterscheidung einer Infektionskrankheit von klinisch verwandten, aber sonst sowohl prognostisch und therapeutisch wie epidemiologisch und prophylaktisch durchaus anders zu bewertenden Krankheitsbildern (Cholera asiatica und Cholera nostras, die verschiedenen Formen der Ruhr). Die mikrobiologische Untersuchung beantwortet, im Verein mit der klinischen Diagnostik, zunächst einmal die grundsätzlich wichtige Frage, ob es sich überhaupt um eine ansteckende Krankheit und um welche es sich handelt, aber darüber hinaus arbeitet die mikrobiologische Diagnostik doch unter Umständen auch schon mit der epidemiologischen Untersuchung Hand in Hand, wenn sie z. B. durch Feststellung der Eintrittspforte (etwa bei Milzbrand, Pest) die für den praktischen Hygieniker wichtige Frage der Lösung näher bringt, auf welchen äußeren Wegen das Virus sich im gegebenen Falle verbreitet hat, oder wenn es durch immunbiologische Reaktionen (z. B. den Schick-Test bei Diphtherie) gelingt, die Zahl der empfänglichen Individuen aus der Gesamtzahl der der Ansteckung ausgesetzten Personen herauszufinden. Meist wird die epidemiologisch- statistische Erforschung einer Infektionskrankheit neben und im Verein mit der mikrobiologischen Untersuchung einhergehen müssen, um eine möglichst vollständige Aufklärung des Ausbruches der Seuche und der Einzelheiten ihrer Übertragung und Verbreitung zu erreichen.

Über das wechselseitige Verhältnis und das fruchtbare Zusammenarbeiten beider Forschungsrichtungen vgl. in Bd. 1, S. 97 und 558 dieses Handbuches. Eine und dieselbe Seuche kann — ganz abgesehen von der bei einigen Infektionskrankheiten (Tuberkulose, Milzbrand, Pest) vorliegenden Ausbildung grundverschiedener Erscheinungsformen, je nach der verschiedenen Lokalisation des Erregers im Organismus (Phthise und Drüsentuberkulose, Lungenpest und -milzbrand gegenüber Drüsenpest und Hautmilzbrand) —

auch bei einheitlicher Form (z. B. bei Cholera und Typhus) sehr große Verschiedenheiten in ihrer quantitativen Ausbildung und in ihrem örtlich-zeitlichen Verhalten aufweisen, je nachdem die Infektionsbedingungen sich gestaltet haben (Kontakt- und Trinkwasser- oder Nahrungsmittelinfektionen). Nur die epidemiologische Erforschung der einzelnen Etappen des Bedingungskomplexes, der das Bild der Seuche im vorliegenden Falle beherrscht, kann hier Klarheit schaffen, angefangen von der Ansteckungsquelle, über den Transportweg und die Eintrittspforte des Virus, bis zur individuellen nach örtlichen, zeitlichen, sozialen und anderen Bedingungen schwankenden Empfindlichkeit des Organismus, wobei schließlich stets noch die quantitativen Verhältnisse der Infektion nach Virusmenge, Virulenzgrad, Variabilität des Erregers, Möglichkeit von Mischinfektionen u. dgl. in Rechnung zu stellen sind.

Die Berücksichtigung der epidemiologischen Untersuchung neben und im Verein mit der mikrobiologischen Diagnostik kennzeichnet das Wesen der hygienischen Erforschung der Infektionskrankheiten, wie sie im folgenden ihre spezielle Darstellung finden soll und wie sie sich durch diese wesentliche Erweiterung der Ziele und Aufgaben von der herkömmlichen rein bakteriologischen Methodik unterscheidet. Andererseitsist es im Rahmen einer hygienischen Methodik unmöglich, alle mikrobiologischen Einzelheiten zu bringen; es finden hier vielmehr nur diejenigen bewährten Untersuchungsverfahren Aufnahme, die unmittelbar den Zwecken der hygienischen Betrachtungsweise dienen, während bezüglich aller anderen Tatsachen und Methoden auf die in Bd. 1, S. 357f. u. 546ff. genannten bakteriologischen Lehrmittel verwiesen werden muß. Aus demselben Grunde war einerseits fast völliger Verzicht auf Literaturangaben (außer einigen besonders wichtigen Zusammenstellungen) geboten und konnte andererseits die Auswahl der beigegebenen Abbildungen sehr beschränkt werden. Im folgenden sind Abbildungen nur insoweit gebracht, als sie für die Zwecke der praktisch-hygienischen Untersuchung unentbehrlich sind; auch wurde darauf Bedacht genommen, daß die Krankheitserreger in den Figuren so dargestellt sind, wie sie dem praktischen Untersucher wirklich erscheinen, wobei nur aus Ersparnisgründen und in allen den Fällen, wo es auf die Art der Färbung (etwa ob Fuchsin oder Methylenblau) nicht ankommt, statt einfarbiger Bilder solche in schwarz-weiß gebracht werden. Nur da, wo der Färbungsunterschied selbst das charakteristische Merkmal ausmacht (Beispiele von Gram-Fuchsinfärbung, von Giemsafärbung, von verschiedenen Erscheinungsweisen der Kolonien verschiedener Bakterien auf gefärbtem Nährboden, insbesondere für die Typhusdiagnose), sind farbige Bilder beigegeben.

Auch die Einteilung des Stoffes ist, entsprechend den Zielen einer hygienischen Methodik, etwas abweichend von der in bakteriologischen Lehrbüchern üblichen; als Einteilungsprinzip wurde nicht die Unterscheidung nach verschiedenen Organen, Krankheitsbildern oder Krankheitsprodukten, sondern nach der Klassifikation der Erreger selbst gewählt, da sonst Zusammengehöriges auseinandergerissen und häufige Wiederholungen schon deshalb unvermeidlich geworden wären, weil ein und derselbe Erreger an verschiedenen Körperstellen und in verschiedenen Organen unter Umständen ganz verschiedene Krankheitsbilder erzeugen kann; vgl. die bereits oben kurz erwähnten Beispiele der verschiedenen Formen von Tuberkulose, Milzbrand und Pest.

Infektionskrankheiten, die nur bei Tieren vorkommen und auf den Menschen nicht übertragbar sind (z. B. Rinderpest, Piroplasmosen), finden in der folgenden Darstellung keine Berücksichtigung, ebenso exotische Krankheiten, die keinerlei Beziehungen zu Europa aufweisen.

Für den Praktiker kommt es vor allem darauf an, daß er insbesondere gegenüber seltenen Erkrankungen gegebenenfalls überhaupt an die Möglichkeit einer bestimmten Infektion denkt; beim Nachschlagen in dem betreffenden Kapitel findet man dann alles für die hygienische Praxis Wichtige. Der Gang der Darstellung ist jedesmal so gewählt, daß nach kurzen Notizen über das klinische Bild und den pathologischen Prozeß der betreffenden Infektionskrankheit zunächst die mikrobiologische Diagnostik und dann die epidemiologische Untersuchung besprochen wird und hierbei insbesondere die möglichen Fehlerquellen und ihre Vermeidung Berücksichtigung finden. Vgl. die wichtigsten allgemeinen Grundsätze bezüglich Auswahl des richtigen Untersuchungsmateriales und zutreffende Bewertung des Untersuchungsergebnisses, sowie überhaupt betreffs der für die Praxis so wichtigen Zusammenarbeit des Klinikers bzw. praktischen Arztes mit dem bakteriologischen Untersuchungsamt in Bd. 1, S. 489f.

Bei der mikrobiologischen Untersuchung sind grundsätzlich zwei Möglichkeiten gegeben; entweder handelt es sich um den Nachweis des Erregers selbst in den Geweben oder Krankheitsprodukten (mikroparasitologische Untersuchung im engeren Sinn), oder um den Nachweis der spezifischen Reaktionsprodukte des Organismus, die durch das Wachstum des Erregers im lebenden Körper ausgelöst werden (immunologische und serologische Methoden). In beiden Fällen beruht die mikrobiologische Diagnostik auf dem Gesetz der Spezifität, indem sich aus der Existenz eines bestimmten, wohlcharakterisierten Erregers oder der gegen dieses Virus gerichteten spezifischen Reaktionsprodukte des Organismus das Vorliegen eines bestimmten Infektionsprozesses ableiten läßt. In neuerer Zeit haben bei gewissen Infektionen auch unspezifische Reaktionen des Organismus große praktische Bedeutung für die Diagnostik erlangt (Wassermannsche Reaktion bei Syphilis, Weil-Felixsche Reaktion bei Fleckfieber), sofern sie nur für die betreffende Infektionskrankheit charakteristische, d. h. konstante, praktisch verwertbare Veränderungen darstellen.

Das Ziel unserer Darstellung bringt es endlich mit sich, daß in den neuerdings durch die Fortschritte unserer Erkenntnisse über die Variabilität der Mikroorganismen, insbesondere in ihrem Verhältnis zur Pathogenese und Epidemiologie, immer zahlreicher auftauchenden Fragen der Abgrenzung der einzelnen Arten und Typen der Krankheitserreger selbst, sowie ihres Verhältnisses zu verwandten harmlosen epiphytischen und saprophytischen Formen hier stets der Gesichtspunkt des Praktikers in den Vordergrund zu treten hat. Man vergleiche hierzu im folgenden die speziellen Darlegungen, beispielsweise über die wechselseitigen Beziehungen der verschiedenen Staphylo- und Streptokokken, über die verschiedenen Typen der Tuberkelbazillen oder über das Verhältnis vom echten Diphtherie- zu Pseudodiphtheriebazillen u. dgl. Unbeschadet der zweifellos bestehenden phylogenetischen Zusammengehörigkeit zwischen den verschiedenen Gliedern dieser natürlichen Gruppen wird man doch vom praktischen Gesichtspunkt aus getrennte Arten unterscheiden, wo die Verschiedenheit des Krankheitsbildes in klinischer oder epidemiologischer Beziehung die Aufstellung solcher gesonderter Einheiten verlangt. Auch die Möglichkeit der künstlichen Umwandlung des einen Mikroben in eine andere ihm nahestehende Form hat für uns nur dann praktische Bedeutung, wenn sie mit Regelmäßigkeit gelingt, so daß willkürlich aus dem einen der andere Typ erzeugt werden kann, wie z. B. die durch Tierpassage zustande gekommene Verwandlung des Variola- in das Vaccinevirus oder des Straßenvirus der Lyssa in das „Virus fixe“ der Pasteurschen Wutschutzimpfung, während die äußerst seltenen bisher gelungenen Umzüchtungen innerhalb der Typhus-Paratyphusgruppe zwar großes biologisches Interesse, aber bisher keine praktische Tragweite haben; man wird daraus keine Berechtigung ableiten, etwa einen Paratyphus- auf einen Typhusfall als Ansteckungsquelle zurückzuführen. Manche scheinbaren Widersprüche erklären sich auch durch Berücksichtigung des schon in Bd. 1, S. 354 dargelegten Grundsatzes, daß die Spezifität als Produkt der Variabilität aufzufassen ist und daß es daher innerhalb der einzelnen natürlichen Gruppen der Infektionserreger mehr oder minder gefestigte Typen neben fließenden Varianten geben kann; man vergleiche hierzu die Verhältnisse in den Gruppen der Streptokokken, Pneumokokken und der Pseudodysenteriebazillen. Schließlich sei hervorgehoben, daß, wenn gelegentlich die Tatsachen der Variabilität für die Diagnose große Schwierigkeiten machen können, diese Fälle gegenüber der großen Mehrzahl der Konstanz nur die Ausnahme bilden.

A. Pathogene Bakterien.

I. Pathogene Kokken.

1. Staphylococcus pyogenes (Pyococcus [M. Neisser]).

Erreger verschiedener lokaler und allgemeiner Infektionen: Akne, Furunkel, Karbunkel, Panaritium, Sehnenscheidenentzündung Ekzeme, Periostitis, Osteomyelitis, Zellgewebsentzündung (Phlegmone), Abszesse, Infektionen der Atmungswege, Nebenhöhlen der Nase, Meningen, der Gallen- und Harnwege, Puerperalinfektionen, Peritonitis, Appendi-

zitis, multiple Abszesse (Pyämie), Allgemeininfektion ohne deutliche Lokalisation (Septikämie). Bei fast allen diesen Infektionen kann das klinische Bild auch durch andere Krankheitserreger bedingt sein, insbesondere durch Streptokokken, Colibazillen, Typhusbazillen u. a.: entscheidend ist daher nur die bakteriologische Untersuchung. Staphylokokken finden sich ferner als Ausdruck von Mischinfektionen mit den anderen genannten Krankheitserregern, sowie mit Diphtherie- und Tuberkelbazillen, mit Strahlenpilzen, in Pocken- und Vakzinenpusteln usw. Latentes Vorkommen auf und in den oberen Schichten der Haut, besonders an den Umschlagsstellen zur Schleimhaut (Lippen, Nasenlöcher u. dgl.). Mit diesem weitverbreiteten Vorkommen der Staphylokokken auf der Haut ist als Fehlerquelle bei Staphylokokkenbefunden aus Blut, Liquor, inneren Organen stets zu rechnen. Möglichste Ausschaltung dieser Fehlerquelle durch vorherige Desinfektion der Haut an der und um die zu untersuchenden Stellen (mit Alkohol oder Benzin; bei Jodanstrich Vorsicht, um nicht durch Hineingelangen des stark entwicklungshemmenden Jods in das Untersuchungsmaterial negative Befunde vorzutäuschen). Die latent vorkommenden epiphytischen Staphylokokken sind zwar von den aus manifesten Krankheitsgraden gezüchteten oft in einigen der nachher sogleich zu besprechenden Merkmale unterschieden; sie sind wohl wenigstens zum Teil als Minusvarianten der echten eitererregenden Staphylokokken aus Krankheitsprodukten aufzufassen und können zweifellos sowohl nach künstlicher Umzüchtung im Tierkörper wie infolge von schädigenden Einwirkungen, die den Körper treffen (Diabetes), durch Autoinfektion bei dem Befallenen selbst ihre pathogene Wirkung entfalten.

Fig. 1. Staphylokokken im Eiter. Vergr. 1:500. Aus Friedberger u. Pfeiffer, Lehrbuch der Mikrobiologie, Bd. 2, S. 681.

Bei Untersuchung lokaler Herde führt oft schon die direkte Besichtigung des gefärbten Originalausstrichpräparates zum Ziel: haufen- oder traubenförmige (daher der Name von ἡ σταφυλή = die Weintraube) Verbände von kugeligen Gebilden von etwas unter 1 μ Durchmesser, grampositiv. Zweifel über die Zugehörigkeit der Kokken können entstehen, wenn sie nur vereinzelt oder in Doppelformen oder gelegentlich in ganz kurzen Kettchen von 3—4 Gliedern auftreten; zur Differentialdiagnose gegenüber Streptokokken (vgl. weiter unten) dient dann das Kulturverfahren, das selbstverständlich auch überall dann heranzuziehen ist, wenn das Ausgangsmaterial so wenige Kokken enthält, daß der direkte mikroskopische Nachweis unmöglich wird, wie insbesondere bei Untersuchung von Blut, Harn und anderen Körperflüssigkeiten und Exkreten.

In solchen Fällen ist neben der Aussaat auf festen Nährböden auch die vorherige Anreicherung in Nährbouillon (Huntemüller) zu empfehlen, um etwaige ganz vereinzelte und in ihrer Wachstumsfähigkeit gehemmte Keime noch zur Entwicklung zu bringen; von der Vorkultur in flüssigem Medium, die der Sicherheit halber bis zu 3 Tagen bei 37° bebrütet wird, erfolgt dann Aussaat auf feste Nährböden. Dieses letztere Verfahren soll aber auch stets von vornherein, neben der Anreicherung

in flüssiger Kultur, angewendet werden, weil es viel weniger als die Kultur in flüssigem Stadium zufälligen Verunreinigungen ausgesetzt ist und überdies auch einen Schluß auf die Zahl der im Ausgangsmaterial enthaltenen Keime zuläßt.

Die Aussaat auf festen Nährboden erfolgt meist durch Ausstrich des zu untersuchenden Materials auf die Oberfläche von Agarplatten oder, besonders bei flüssigem Material (Blut, Harn), durch Vermischen des letzteren mit etwa der doppelten oder dreifachen Menge verflüssigten und auf etwa 40—45° C abgekühlten Nähragars und Ausgießen in sterile Petrischalen. Die charakteristischen Unterschiede von Staphylo- und Streptokokken bei Anwendung der Kulturverfahren sind die folgenden:

	Staphylokokken:	Streptokokken:
In Nährbouillon:	gleichmäßige Trübung;	meist flockiger Bodensatz mit überstehender klarer Nährflüssigkeit (früher als Streptococcus conglomeratus bezeichnet), gelegentlich aber auch diffuse Trübung;
Auf Agarplatten:	undurchsichtige, weiße, zitronen- oder goldgelbe Kolonien, rasch wachsend und konfluierend.	kleine tautröpfchenartige Kolonien, ohne Konfluieren.

Schwierigkeiten können selten durch den sogenannten Zwergwuchs von Staphylokokkenkolonien infolge verminderter Wachstumsenergie entstehen, die dann bei schwacher Vergrößerung wie Streptokokkenkolonien aussehen und trotzdem bei Untersuchung von Präparaten mit dem Immersionsobjektiv sich als aus Staphylokokken zusammengesetzt erweisen; erneute Aussaat auf flüssige und feste Nährmedien läßt meist das typische Wachstum bald deutlich hervortreten. Die früher geübte, heute praktisch kaum noch angewandte Züchtung in Gelatineplatten zeigt bei Staphylokokken schon nach 2—3 Tagen deutliche bis stecknadelkopfgroße Kolonien mit flachem Verflüssigungstrichter (peptonisierendes Ferment), während Streptokokken nur sehr langsam und kümmerlich, und, wenn überhaupt, ohne jede Verflüssigung gedeihen.

Auf festem Nährboden unterscheiden sich die einzelnen verschiedenen Staphylokokkenarten durch die verschiedene Färbung ihrer Kolonien: daher die Bezeichnung als Staphylococcus pyogenes aureus, albus und citreus (letzterer nur selten); nicht alle Stämme lassen sich in eine dieser drei Arten einreihen, da das Farbstoffbildungsvermögen oft ungenügend ausgebildet ist. Bei schweren puerperalen Infektionen werden auch obligat anaerobe Staphylokokken gefunden (Schottmüller). Staphylococcus pyogenes aureus findet sich meist bei virulenten Infektionen, während Staphylococcus pyogenes albus viel häufiger epiphytisches bzw. latentes Vorkommen anzeigt; gilt aber nicht ausnahmslos. Auch sonst besitzen wir leider noch kein zuverlässiges Mittel zur Beurteilung der Virulenz eines Stammes, weder bei der Kultur im Glase, noch durch den Tierversuch. Das Verhalten auf der Blutagarplatte (vgl. Bd. 1, S. 449) läßt deutliche Unterschiede zwischen stark, schwach und nicht-hämolysierenden Stämmen, wenn auch meist nicht in demselben Grade wie bei den verschiedenen Streptokokken (vgl. unten S. 516) erkennen, wobei nach der Ansicht der meisten Autoren die Intensität der Hämolyse mit dem krankheitmachenden Verhalten im Organismus annähernd parallel geht; Ausnahmen kommen jedoch nicht selten vor. Auch der Tierversuch liefert keine unbedingt zuverlässigen Ergebnisse, da die Virulenz beim Menschen mit der beim Tier nicht übereinzustimmen braucht. Mäuse und Meerschweinchen sind wegen ihrer geringen und wechselnden Empfänglichkeit für die Infektion mit pyogenen Staphylokokken nicht verwendbar; beim Kaninchen

entstehen nach intravenöser Verimpfung embolische Abszesse besonders in Niere und Herz, sowie nach vorgängiger Knochenfraktur osteomyelitische Herde daselbst, nach intraperitonealer Injektion eiterige Peritonitis). Sehr charakteristisch ist die Entstehung eiteriger Kniegelenkentzündung bei Injektion ins Kniegelenk. Zur Feststellung der Virulenz eines Stammes kann auch die Prüfung seines Verhaltens gegenüber Leukozyten dienen, am einfachsten in Form der von H. Neisser angegebenen bioskopischen Methode (vgl. Bd. 1, S. 446); bei Anwesenheit von Leukocidin kommt die sonst durch frische überlebende Leukozyten bereitete Reduktion von Methylenblau nicht zustande (Reihenversuch mit abgestuften Mengen von Leukocidin). — Gegenüber den auf Haut und Schleimhäuten epiphytisch vorkommenden und den saprophytischen Arten der Staphylokokken unterscheiden sich die pathogenen Stämme auch serologisch, am einfachsten durch Agglutination mit spezifischem Immunserum; allerdings können solche apathogenen Stämme durch fortgesetzte Züchtung in Kollodiumsäckchen in der Bauchhöhle des Meerschweinchens in pathogene, typisch agglutinierende Stämme übergeführt werden.

Endlich ist eine serologische Diagnose auch durch Untersuchung des Patientenserums auf Gehalt an Antihämolysin möglich, das sich als spezifisches Reaktionsprodukt gegen die Hämotoxine der in den Krankheitsherden vorhandenen Staphylokokken bildet und folgendermaßen nachgewiesen werden kann: Ein mittels Filtration einer 5—7tägigen Bouillonkultur von pyogenen Staphylokokken durch bakteriendichte Filter erhaltenes lösliches Hämolysin wird zunächst als Kontrolle im Reihenversuch in fallenden Mengen in seiner blutlösenden Wirksamkeit auf gleiche Mengen 5%iger Blutkörperchenaufschwemmung geprüft; im Hauptversuch wird in einer zweiten Reihe mit denselben Blut- und Hämotoxinmengen plus Patientenserum ermittelt, ob und in welchem Maße dieses letztere Hemmung der Hämolyse bewirkt. — Einen gewissen Hinweis auf das Vorhandensein von Eiterungsprozessen im Körper, allerdings nicht nur solche durch Staphylokokken, sondern auch durch andere Eitererreger bedingt, liefert schon die klinische Untersuchung auf Leukozytose, wobei die Zahl der mehrkernigen Neutrophilen vermehrt ist.

Bei der **epidemiologischen Erforschung** der Herkunft der Infektion ist sowohl an Ansteckung von außen mit virulenten Keimen als auch an die Möglichkeit einer Autoinfektion seitens der im Organismus latent vorhandenen Staphylokokken zu denken; einen Spezialfall dieser letzteren Alternative stellt das Rezidiv einer früher überstandenen Staphylokokkeninfektion dar, wobei das Virus in Narben, in Lymphdrüsen u. a. sich symptomlos erhalten hat und nun nach einer Schädlichkeit, besonders nach stärkeren körperlichen Anstrengungen, Erkältungen u. dgl., mobilisiert und zu einer krankmachenden Wirksamkeit wiedererweckt wird. Für eine endogene Infektion seitens der auf Haut oder Schleimhäuten epiphytisch schmarotzenden Staphylokokken spricht gleichfalls der Nachweis einer Schädlichkeit, die erfahrungsgemäß die Empfänglichkeit gegenüber Staphylokokkeninfektion steigert, besonders des Diabetes, örtlicher Hautreizungen u. dgl. (Furunkulose). Exogene Infektion durch präformiert virulente Staphylokokken aus Eiterherden anderer Menschen wird dann angenommen werden müssen, wenn die einzelnen Erkrankungsfälle charakteristische Zeichen von Kontaktinfektion (vgl. Bd. 1, S. 573) aufweisen, z. B. in der vorantiseptischen Zeit besonders häufig in Krankenhäusern, nach Operationen und Entbindungen. Ein solcher Nachweis kann sehr erschwert oder unmöglich werden, wenn es sich um indirekte Infektion, z. B. durch infizierte schneidende oder stechende Gegenstände, handelt, um so mehr als die Widerstandsfähigkeit der Staphylokokken gegenüber äußeren schädigenden Einwirkungen, z. B. Austrocknung, chemischen

Desinfektionsmitteln, sehr erheblich ist und daher die Ansteckungsquelle sehr weit zurückliegen kann und unter Umständen ganz unkontrollierbar wird.

2. Pathogene Streptokokken (Streptococcus pathogenes).

Streptokokken können als Erreger der meisten der im vorangegangenen Kapitel bei den Staphylokokken erwähnten Erkrankungen in Betracht kommen und spielen außerdem die ursächliche Rolle bei gewissen charakteristischen Krankheitsprozessen, vor allem bei der Wundrose (Erysipel), bei gewissen typischen Formen von Angina (Angina lacunaris), bei Endokarditis, bei gewissen Darmkrankheiten der Säuglinge u. a. Ein bestimmter stark hämolysierender Streptokokkus mit charakteristischer Giftbildung wird neuerdings von vielen Autoren als Erreger des Scharlachs (vgl. später das betreffende Kapitel) angesehen, während es sich hierbei nach anderen nur um eine Mischinfektion handelt, wie sie auch sonst durch Streptokokken in ganz ähnlicher Weise und bei denselben Erkrankungen wie durch Staphylokokken (vgl. oben S. 512) sehr häufig zustandekommt; vor allem gilt dies für Infektionen der Luftwege und ihrer Adnexe. Latentes Vorkommen insbesondere auf Schleimhäuten, in erster Linie der oberen Atmungswege, auf den Tonsillen bei fast 80% aller Gesunden.

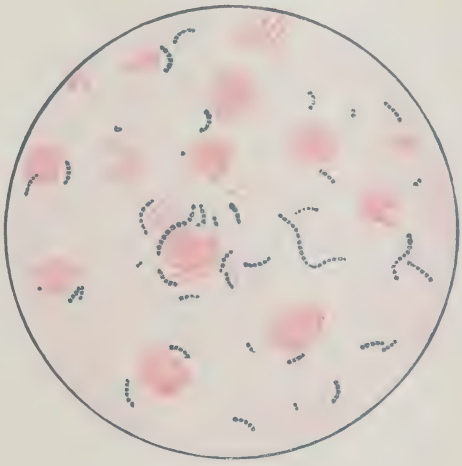


Fig. 2. Streptokokken im Eiter (Gram-Fuchsin-Färbung). Aus Gotschlich u. Schürmann, Leitfaden, S. 166, Fig. 65. Vergr. 1:500.

Für die bakteriologische Untersuchung lokaler Herde und des Blutes bei allgemeiner Septikämie gelten alle Ausführungen, die wir soeben bezüglich der Staphylokokken gemacht haben; vgl. oben betreffs Anreicherungsverfahren und Unterscheidung gegenüber Staphylokokken auf S. 512f.; bezüglich der Differentialdiagnose gegenüber Pneumokokken vgl. weiter unten S. 519. Häufig ist die Diagnose schon aus dem charakteristischen Bilde im mikroskopischen Präparat zu stellen; die Kokken liegen in kürzeren oder längeren kettenartigen grampositiven Verbänden, daher der Name (*ὁ στρεπτός* = die Halskette). Besondere Schwierigkeiten machen hier wie bei den Staphylokokken die Fragen der Virulenzbestimmung und die damit zusammenhängenden Probleme der verschiedenen Typen und Arten dieser Gruppe.

Die Länge der Ketten bzw. die Zahl der sie zusammensetzenden Glieder geht nicht immer mit der Virulenz parallel, wenn auch meist die aus Krankheitsprozessen gezüchteten Streptokokken lange Ketten (von mehr als 8 Gliedern) zeigen (Streptococcus longus), epiphytische und saprophytische Streptokokken dagegen nur kurze Ketten (mit nur etwa 4 Gliedern, Streptococcus brevis). Ausnahmen kommen jedoch nach beiden Richtungen hin vor; einerseits beobachtet man Stämme mit sehr langen Ketten (Streptococcus longissimus) mit fehlender oder geringer Pathogenität, andererseits kurze Kettenkokken (insbesondere solche, die den Pneumokokken verwandt sind) auch bei hochvirulenten Prozessen. Auch die Form und Größe der einzelnen Körner

ist für die Beurteilung der Virulenz nicht maßgebend; die Einzelglieder der Kette können von kugelrunder, ovaler, lanzettförmiger oder scheibenartiger plattgedrückter Gestalt, von gleicher oder ungleichmäßiger Größe (Streptococcus involutus) sein, ohne daß regelmäßige und durchgreifende Beziehungen zur Virulenz bestünden; vgl. über die Unterscheidung der menschenpathogenen von den Milchstreptokokken in Bd. 2, S. 588f. Sämtliche bisher genannten Beziehungen sind ohne praktische Bedeutung für die Beurteilung der Pathogenität. Besonders ist noch hervorzuheben, daß auch die früher versuchte Aufstellung einer besonderen Spezies des Streptococcus erysipelatis (Fehleisen) sowohl nach Beobachtungen an Menschen, wie nach Tierversuchen (Impfung am Kaninchenohr) sich nicht hat aufrechterhalten lassen, da die Form der durch einen Streptococcus hervorgerufenen Krankheitsprozesse nicht allein von dem betreffenden Erreger und seiner unter Umständen wechselnden Virulenz, sondern auch von der Beschaffenheit der Eintrittspforte und des befallenen Gewebes (Erysipel im straffen Bindegewebe der Haut, Phlegmone im lockeren Zellgewebe) und endlich von der verschiedenen Empfänglichkeit des infizierten Organismus abhängt. Das direkte Ergebnis von Tierimpfungen (subkutaner Impfung bei Mäusen, intravenöser bei Kaninchen) mit anschließender lokaler oder fortschreitender Eiterung oder allgemeiner Septikämie ist schon aus dem Grunde für die praktische Beurteilung der pathogenen Wirkung beim Menschen nicht verwertbar, weil die Virulenz gegenüber Mensch und verschiedenen Tierspezies oft offensichtlich verschieden ist; vgl. oben S. 513. Im Anschluß hieran seien die Verfahren erwähnt, die darauf abzielen, die Virulenz statt durch den Ausfall der Tierimpfung in einfacherer und rascherer Weise durch immunologische Reaktionen mit menschlichem Blut oder einzelnen zelligen Elementen desselben zu bestimmen, und die deshalb dem soeben erhobenen grundsätzlichen Einwand der Verschiedenheit der Virulenz gegenüber Mensch und Tier nicht ausgesetzt sind. Hierher gehören die Methoden nach Bürgers und nach Ruge-Philipp. Die Bestimmung der „Virulenzzahl" nach Bürgers geht von der Überlegung aus, daß virulente Keime der Phagozytose viel weniger leicht anheimfallen als pathogene. Die „Virulenzzahl" gibt an, wie viele von 100 Leukozyten aus einer Mischung normalen Menschenblutes mit der gleichen Menge einer Emulsion der zu prüfenden Streptokokken in 1,5%iger Natriumcitratlösung nach 10 Minuten dauernder Bebrütung bei 37° keine Kokken aufgenommen haben. Bei der Methode nach Ruge-Philipp wird das Verhalten der zu untersuchenden Streptokokken im Blut nach mehrstündiger Bebrütung durch das Kulturverfahren ermittelt. Völlige oder teilweise Abtötung der Kokken im Blut spricht für fehlende oder geringe pathogene Eigenschaften, während Vermehrung im Blut beweisen soll, daß die Mikroben den entwicklungshemmenden und bakteriziden Kräften des Blutes zu widerstehen und pathogene Wirksamkeit zu entfalten vermögen. Der praktische Wert der Methode ist sehr umstritten, was verständlich erscheint, wenn man bedenkt, daß das pathogene Vermögen eines Keimes nicht allein von seinem Verhalten zu den in vitro nachweisbaren antibakteriellen Kräften des Blutes, sondern vor allem von dem Verhältnis des Mikroben zum lebenden Gewebe abhängig ist.

Selbst die Tatsache des Vorhandenseins des Erregers im kreisenden Blute des Lebenden beweist noch nicht ohne weiteres, daß eine Septikämie vorliegt, — eine Feststellung von grundsätzlicher Bedeutung, die hier ebenso wie für andere Erreger gilt — (vgl. z. B. bei Pest und Tuberkulose); es kann sich vielmehr lediglich um vorübergehende Ausschwemmung kleiner Mengen der Krankheitserreger aus den eigentlichen Erkrankungsherden in den Blutkreislauf handeln, wo sie alsbald zugrunde gehen, während von einer Septikämie mit ihrer ungünstigen Prognose erst dann gesprochen werden kann, wenn die Widerstandsfähigkeit von Blut und Gewebe gebrochen ist und Vermehrung der Keime im Blut eingesetzt hat. Auch die Untersuchung auf Hämolyse (am einfachsten auf Blutagarplatten) gestattet hier, wie schon oben S. 513 für die Staphylokokken ausgeführt, keinen sicheren Rückschluß auf die Virulenz; sie liefert jedoch anderweitig praktisch brauchbare Ergebnisse, weil auf diesem Nährboden charakteristische verschiedene Typen von Streptokokken sich unterscheiden lassen, die erfahrungsgemäß in vielen Fällen Rückschlüsse auf die Prognose des Falles zulassen. Schottmüller unterscheidet hiernach neben den meist harmlosen epiphytischen anhämolytischen Streptokokken folgende pathogene Typen:

Streptococcus haemolyticus, in der Mehrzahl der septikämischen Streptokokkeninfektionen.

Streptococcus mucosus, ohne Hämolyse, mit Bildung dicker schleimiger Kolonien von grauer oder grünlicher Farbe. Hauptsächlich bei Infektionen von seiten der oberen Atmungswege und ihrer Nebenhöhlen. Die Stämme lassen sich nur schwierig fortzüchten, gehen bald zugrunde oder verlieren doch ihr Schleimbildungsvermögen; dieser Typ ist identisch oder doch nahe verwandt mit dem Pneumokokkustyp III (vgl. weiter unten S. 520).

Streptococcus viridans — auch als Str. mitior bezeichnet; doch ist dieser letztere Name nicht begründet, da die pathogene Wirkung — wenn auch gegenüber der akuten Sepsis durch hämolytische Streptokokken in subakuter oder chronischer Form —, aber in Gestalt der prognostisch sehr ungünstigen Endocarditis lenta sich äußert. Diese Spezies ist durch die Ausbildung einer schmalen Aufhellungszone mit deutlicher Vergrünung des Blutagars um die Kolonie herum charakterisiert.

Sehr bemerkenswert sind die Feststellungen von Morgenroth und seinen Mitarbeitern, daß hämolytische Streptokokken durch intraperitoneale Verimpfung bei der weißen Maus innerhalb weniger Stunden in vergrünende Streptokokken übergehen, wobei entweder nur eine vorübergehende Variante vorliegt, die bald wieder auf den hämolytischen Typ zurückschlägt, oder charakteristische Viridanstämme entstehen, oder endlich die biologische Variation so weit geht, daß die Lebensfähigkeit dieser neuen Minusvarianten in Frage gestellt wird und diese Stämme beim Versuch der Fortzüchtung rasch absterben. Wenn Schottmüller dieser bakteriologischen Variabilitätsstudien gegenüber die große praktische Konstanz seiner Stämme von Streptococcus viridans bei den von ihm beobachteten Fällen von Endocarditis lenta hervorhebt, so schließen sich diese beiden scheinbar gegensätzlichen Befunde nicht aus; unter der fluktuierenden Masse der vergrünenden Varianten des hämolytischen Streptokokkus stellen eben die typischen Lenta-Stämme weitgehend gefestigte Produkte der Variabilität dar.

Außer den genannten Typen kommen noch folgende zwei praktisch in Betracht: Der obligat anaerobe Streptococcus putridus (Schottmüller), der besonders bei puerperalen Infektionen gefunden wird und der sogenannte Enterokokkus, als Erreger von Infektionen des Darmtraktus, der Gallen- und Harnwege, in Deutschland bisher noch nicht so in seiner Bedeutung gewürdigt wie im Ausland; es handelt sich um einen einerseits dem Streptococcus lacticus, andererseits dem Pneumokokkus (schon durch seine ovale bis lanzettliche Form) verwandten Typ, dessen genaue Abgrenzung vorläufig oft noch auf Schwierigkeiten stößt; vgl. die neueste zusammenfassende Darstellung von Nißle in der 3. Auflage des „Handbuchs der pathogenen Mikroorganismen", Bd. 6, S. 379ff.

Bei der **epidemiologischen Erforschung** der Streptokokkeninfektionen ist, analog wie oben für die Staphylokokken besprochen, sowohl die exogene Infektion mit Typen von präformierter charakteristischer Virulenz wie die endogene Infektion (Auto- oder Selbstinfektion) mit ursprünglich mehr oder minder harmlosen epiphytischen Schleimhautbewohnern, sei es durch Versetzung an ein ihnen gegenüber ungewohntes und daher schutzloses Gewebe, sei es durch Virulenzerhöhung infolge von Mischinfektion oder Variation, ins Auge zu fassen. Letzterer Fall gilt insbesondere für die Infektionen mit Streptococcus mucosus und viridans (vgl. oben), sowie für manche Fälle puerperaler Infektion, obgleich man gerade hier — schon in Anbetracht der großen Verantwortung, die das Übersehen einer Ansteckung von außen her hier nach sich ziehen würde — mit der Annahme einer Autoinfektion besonders vorsichtig sein muß. Zweifellos kommt

gerade die puerperale Selbstinfektion vor; besonders einwandfrei sind Fälle, in denen etwa der in den Krankheitsherden (Peritoneum, Blut) gefundene Erreger dasselbe atypische Verhalten zeigt, wie die vorher im Geschlechtskanal gefundenen Kokken. Übrigens kann Selbstinfektion auch in der Weise zustandekommen, daß nicht ursprünglich harmlose Epiphyten, sondern von vornherein virulente Keime als Ursache in Betracht kommen, die nur aus äußeren Gründen (latentes Vorkommen in abgekapselten Herden) bisher nicht eine allgemeine Infektion zu setzen vermochten; hierher gehören die früher als sogenannte kryptogenetische Septikämie bezeichneten, meist von unbeachtet gebliebenen kleineren Herden an den Tonsillen oder sonst in den oberen Atmungswegen ausgegangenen Erkrankungen. Neuerdings wird auch anderen latenten Herden in der Mundhöhle, an den Zähnen u. dgl., insbesondere seitens amerikanischer Autoren („focal infection") für die Entstehung allgemeiner Infektionen und auch von Organerkrankungen (Ulcus ventriculi, Appendizitis usw.) sehr große Bedeutung beigemessen, wogegen allerdings, wenigstens zum Teil, schwerwiegende Einwände erhoben werden (Schottmüller).

Für eine Ansteckung von außen her sprechen insbesondere solche Fälle, in denen eine Mehrzahl aufeinanderfolgender Erkrankungen die schon mehrfach erwähnten charakteristischen Merkmale der typischen Kontaktinfektion aufweisen. Hierher gehören Erfahrungen aus Schulen, Entbindungsanstalten u. dgl., besonders aus der Zeit vor der Antisepsis, angefangen von den klassischen Untersuchungen von Semmelweis. Auch indirekte Infektion durch Gebrauchsgegenstände und Luftstaub kommen in Betracht, da die Streptokokken zum Teil eine erhebliche Widerstandsfähigkeit gegen Austrocknung zeigen. Bekannt sind von früher her die sogenannten Erysipelecken in Krankenhäusern, in denen immer wieder Fälle von Wundrose auftraten, und neuerdings haben Friedemann und Deicher in der Luft von Scharlachkrankenräumen massenhaft die von ihnen nach dem Vorgang amerikanischer Autoren als Erreger dieser Krankheit angesehenen hämolysierenden Streptokokken nachweisen können.

3. Pneumokokken (Diplococcus lanceolatus pneumoniae [Fraenkel-Weichselbaum]).

Häufigster Erreger der genuinen (kruppösen, fibrinösen) Pneumonie, für die seltener auch der Bac. pneumoniae Friedländer ursächlich in Betracht kommt (vgl. weiter unten S. 554); bronchopneumonische Erkrankungen können außer durch Pneumokokken auch durch Strepto- und Staphylokokken, Influenza-, Milzbrand-, Psittacosis- und Pestbazillen verursacht sein; vgl. die betreffenden speziellen Kapitel und S. 549. Andererseits ist der Pneumokokkus auch häufig der Erreger anderer Organerkrankungen, insbesondere solcher in der Nachbarschaft der Atmungswege, wie Pleuritis (Empyem), Perikarditis, Endokarditis, Meningitis, Otitis media, Erkrankungen der Nebenhöhlen der Nase, Conjunctivitis und Ulcus serpens corneae, aber auch in entfernter liegenden Organen, wie unter Umständen bei Appendizitis und bei Erkrankungen der Gallenwege, wohin die Pneumokokken wohl meist auf dem Blutwege gelangen; auf demselben Wege endlich kommt es auch zu allgemeiner septikämischer Verbreitung, insbesondere im Gefolge ursprünglich lokalisierter Infektionen.

Zur bakteriologischen Untersuchung verwendet man bei örtlichen Erkrankungen die betreffenden Krankheitsprodukte (Sputum, Eiter, Punktionsflüssigkeit), bei Allgemeininfektion das in einer Menge von 10 bis

20 ccm aus der Armvene entnommene und in Nährbouillon verbrachte oder direkt zu Blutagarplatten verarbeitete Blut des Patienten.

In Sputum, Eiter, Spinalflüssigkeit ist der Nachweis des Erregers oft schon im Originalausstrichpräparat (Färbung nach Gram-Fuchsin) durch sein charakteristisches morphologisches Verhalten möglich, das dem Erreger seinen Namen gegeben hat: Diplococcus lanceolatus sen capsulatus pneumoniae (Fraenkel und Weichselbaum): Grampositive, meist zu zweien oder in kurzen Kettchen gelagerte, länglich-ovale oder an den äußeren Enden zugespitzte (lanzett- oder kerzenflammenförmige) Kokken, im Blut und Krankheitsprodukten mit einer deutlichen Kapsel umgeben, die auf künstlicher Kultur gar nicht oder nur andeutungsweise auftritt. Die Kapsel erscheint schon bei Gramfärbung oder im Tuschepräparat sehr deutlich als heller Hof (über besondere Kapselfärbungen und die biologische Bedeutung der Kapselbildung vgl. Bd. 1, S. 382).

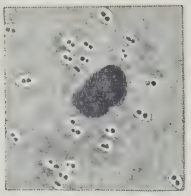


Fig. 3. Pneumokokken im Eiter. Vergr. 1 : 500. Aus Flügge, Grundriß der Hygiene, 10. Aufl., S. 529. (Nach Gotschlich u. Schürmann.)

Die künstliche Kultur der Pneumokokken gelingt am besten auf Blutagarplatten, auf denen Wachstum ohne oder mit nur sehr schwacher Hämolyse in Form schwarzer oder dunkelgrünlicher Kolonien, manchmal mit einem schmalen grünlichen Saum, ähnlich dem Streptococcus viridans (vgl. oben S. 517) stattfindet. Auf gewöhnlichem Agar erscheinen die Kolonien tautröpfchenartig, noch kleiner als die der Streptokokken. In Gelatine bei 22° ist das Wachstum sehr langsam und kümmerlich, in Form kleinster, mit bloßem Auge gerade noch eben sichtbarer Stippchen, ohne Verflüssigung des Nährbodens. Auf Agar und noch mehr in Bouillon, wo das Wachstum in Gestalt eines körnigen Bodensatzes ohne Trübung der gesamten Nährflüssigkeit stattfindet, kommt es oft zur Bildung kurzer Kettchen, sogar mit kugelrunden Gliedern, so daß die Unterscheidung von Streptokokken schwierig oder unmöglich werden kann. Dann ermöglicht das verschiedene Verhalten beider Spezies zu gewissen chemischen Stoffen noch häufig eine sichere Unterscheidung. Durch Einwirkung von Galle oder 10%iger Lösung von Natrium taurocholicum (E. Merck), zu gleichen Teilen mit Bouillonkultur gemischt, werden die Pneumokokken nicht nur abgetötet, sondern glatt aufgelöst, während Streptokokken (mit Ausnahme des Streptococcus mucosus, der sich hier wie in der folgenden Reaktion wie der Pneumokokkus verhält) intakt bleiben. Ferner zeigen die Pneumokokken eine elektive Empfindlichkeit gegenüber Optochin, das schon bei einem Gehalt von 1 : 100000 vollständige Entwicklungshemmung der Pneumokokken bewirkt, während Streptokokken meist noch bei einem Optochingehalt des Nährbodens von 1 : 5000 zu gedeihen vermögen. Es gibt allerdings atypische Stämme, die in ihrem Verhalten gegenüber Galle und Optochin eine Mittelstellung zwischen dem typischen Pneumokokkus und Streptokokkus einnehmen. Diese elektive Wirkung des Optochins kommt übrigens nicht nur in der künstlichen Kultur, sondern auch im infizierten menschlichen und tierischen Organismus zustande und hat bekanntlich zur chemotherapeutischen Verwertung dieses Präparates gegen Pneumokokkeninfektionen geführt.

Der Tierversuch, mittels subkutaner oder intraperitonealer Verimpfung bei Mäusen oder vor allem durch intravenöse Injektion beim

Kaninchen, stellt das feinste Reagens zum Nachweis von Pneumokokken dar und ermöglicht insbesondere die Ermittlung des latenten Vorkommens dieser Keime, das in den oberen Atmungswegen, vor allem auf den Tonsillen, in etwa 80% aller untersuchten Menschen festgestellt ist; über die Bedeutung dieser latenten Infektion vgl. weiter unten S. 521. In der Bauchhöhle intraperitoneal geimpfter Mäuse, oft auch an der Injektionsstelle im subkutanen Gewebe, findet starke Vermehrung der Pneumokokken schon innerhalb 12 Stunden, oft in eiterigem Exsudat statt; das Tier geht, ebenso wie das intravenös infizierte Kaninchen, rasch mit allgemeiner septikämischer Verbreitung der Pneumokokken im Blut und allen Organen zugrunde.

Die serologische Untersuchung mittels eines Immunserums, das durch Vorbehandlung von Kaninchen zuerst mit abgetöteten, dann mit virulenten lebenden Pneumokokken gewonnen wird, ermöglicht eine sichere Identifizierung der Pneumokokken sowohl durch die Agglutinationsprobe in vitro, wie durch die Anwendung am Tier (Mäuseversuch), wobei das Serum durch die in ihm enthaltenen Bakteriotropine wirkt. Hierbei ergab sich die außerordentlich bedeutsame Tatsache, daß die Pneumokokken nicht eine einheitliche Spezies darstellen, sondern in mehrere Gruppen unterschieden werden können, von denen eine (Nr. IV) wiederum in zahlreiche ungenügend differenzierte Stämme zerfällt, während die drei übrigen einheitliche Typen von wohlcharakterisierbarer pathogenetischer und immunbiologischer Beschaffenheit darstellen. Der Typ III ist mit dem Streptococcus mucosus identisch (vgl. oben S. 517). Diese Einteilung in vier Gruppen gilt für europäische und nordamerikanische Verhältnisse, während anderwärts, z. B. in Südafrika, wiederum andere Typen von abweichendem Verhalten beobachtet sind. Die Feststellung, welcher Typ gegebenenfalls vorliegt, erfolgt durch Anwendung agglutinierender Immunsera, die durch Vorbehandlung von Kaninchen mit je einem der Typen I—III erzeugt sind; jedes dieser Sera agglutiniert praktisch nur den homologen Typ von Pneumokokken; der Typ IV wird von keinem dieser Sera agglutiniert. Die Anstellung der Probe erfolgt nach der einfachen Versuchsanordnung der „orientierenden Agglutination" (vgl. Bd. 1, S. 526) auf dem Objektträger mit unverdünntem Serum oder höchstens bei Anwendung einer Serumverdünnung von 1:5; die Ergebnisse sind streng spezifisch; Gruppenreaktionen kommen zwar gelegentlich vor, treten aber für die Praxis ganz zurück. Das Ergebnis der Typenprüfung ist in spezifischem Sinne von großer praktischer Bedeutung sowohl für die Therapie wie für die Epidemiologie. Da eine erfolgreiche Behandlung der Pneumonie von Typ I—III mit Immunserum möglich ist, das letztere aber nur streng spezifisch auf den homologen Typ, nicht auf die anderen wirkt, so ist die möglichst frühzeitige Bestimmung der im vorliegenden Falle vorliegenden Typs hierfür erstes Erfordernis. Über die epidemiologische Bedeutung der Typenbestimmung der Pneumokokken vgl. weiter unten.

Vorher sei noch kurz die Möglichkeit einer anderen Form der serologischen Diagnostik der Pneumonie erwähnt, nämlich mittels des für diesen Zweck von Schürmann angewandten Thermopräzipitationsverfahrens, das hier ganz nach Analogie des weiter unten bei Milzbrand (S. 529) zu besprechenden Ascolischen Verfahrens angewandt wird. Kochextrakte von pneumonischem Sputum werden mit präzipitierendem Pneumokokkenserum unterschichtet; die Entstehung eines Thermopräzipitats in Form einer ringförmigen Trübung an der Berührungsstelle beider Flüssigkeiten beweist das Vorliegen einer Pneumokokkeninfektion; diese Probe kann nach Schürmann auch in umgekehrtem Sinne durch Überschichten von Pneumokokkenextrakt mit Patientenserum angestellt werden, wobei der positive Ausfall das Vorhandensein der spezifischen Präzipitine im Patientenserum anzeigt. —

Die **epidemiologische Erforschung** der Pneumonie hat gleichfalls durch die Typenbestimmung der Pneumokokken sehr gewonnen. Früher faßte man die Pneumonie auf als zustandegekommen durch Autoinfektion seitens der im Rachen fast regelmäßig in latentem Zustand vorhandenen Pneumokokken, wobei als disponierende Momente Erkältung, Traumen, Überanstrengung und Mischinfektion in Betracht kamen. Zweifellos spielt diese durch die genannten auslösenden Momente verursachte endogene Infektion eine sehr wesentliche Rolle; nur wissen wir jetzt, daß nicht alle Stämme der Pneumokokken für diese endogene Infektion in Betracht kommen, sondern nur bestimmte virulente Typen, die bei gewissen Personen (Kokkenträgern) in den oberen Atmungswegen existieren, während die meisten epiphytischen Pneumokokken harmlose Schmarotzer darstellen. So erklären sich gewisse epidemiologische Erfahrungen, einerseits bezüglich endemischer Herde von Pneumonie, andererseits bezüglich des von Kruse festgestellten Parallelismus zwischen der Häufigkeit der Pneumonie bei Erwachsenen und der fieberhaften Erkrankungen der Atmungswege bei Kindern. Neben der endogenen Infektion ist aber die exogene Ansteckung vom Pneumoniekranken aus direkt auf andere Personen nicht zu übersehen; schon im gemäßigten Klima, vor allem aber in der heißen Zone gibt es Gruppenerkrankungen von Pneumonie, wo die Ansteckung durch besonders virulente Pneumokokkenstämme direkt von Mensch zu Mensch erfolgt.

4. Gonokokken.

Erreger der Gonorrhoe (Tripper) der Urethra und der Cervix, sowie deren Adnexe (Epididymitis, Bartholinitis, Salpingitis und Parametritis), während die Vagina, die durch widerstandsfähiges geschichtetes Pflasterepithel geschützt ist, fast stets verschont bleibt; andere Eintrittspforten sind das Rektum, die Conjunctiva, sowie bei Säuglingen gelegentlich die Mundhöhle, die in diesem zarten Alter noch nicht über den resistenten Epithelschutz verfügt wie später beim Erwachsenen. Sekundärinfektionen per contiguitatem aszendierend in den Harn- und Geschlechtswegen, hämatogen in Gelenken, Sehnenscheiden, im Endokard und myelitische Herde.

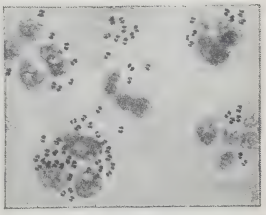


Fig. 4. Gonokokken im Eiter. Vergr. 1 : 500. Aus Flügge, a. a. O. S. 531, Fig. 168. (Nach Gotschlich u. Schürmann.)

Der Nachweis kann häufig schon durch das charakteristische morphologische Bild im Ausstrichpräparat des Eiters, Harnsediments oder dergleichen erfolgen; gramnegative Diplokokken, oft auch in Vierergruppen (Tetraden) liegend, breitgedrückt, semmel-, kaffeebohnen- oder nierenförmig; in frischen Fällen meist intrazellulär in den polynukleären Leukozyten und auf den Epithelien gelagert, in alten Fällen meist extrazellulär. In zweifelhaften Fällen, bei sehr spärlichem oder negativem Befund Kulturverfahren: Die Gonokokken wachsen nur bei Bruttemperatur, und zwar nicht auf den gewöhnlichen Nährböden, sondern nur auf serumhaltigem (eventuell noch mit Zusatz von Nutrose bereiteten) Agar.

Bereitung des Schweineblutserum-Nutrose-Agars nach Wassermann: 15 ccm Schweineserum, 20—30 ccm Wasser, 2—3 ccm Glyzerin, 6,8 g Nutrose, 15 Minuten lang unter Schütteln kochen; nach 24 Stunden nochmals 15 Minuten lang unter Schütteln kochen; die Lösung ist lange haltbar und wird vor Gebrauch mit 2%igem Nähragar ausgewaschen. Bei Verwendung von Aszitesflüssigkeit, die häufig stark alkalisch reagiert,

ist darauf zu achten, die Reaktion (durch Zusatz sehr verdünnter Salz- oder Milchsäure) richtig zu stellen, da Gonokokken gegen stärkere Alkaleszenz sehr empfindlich sind und ihr Optimum eher bei annähernd neutraler oder selbst schwach saurer Reaktion finden.

Die Kolonien erscheinen in Form durchscheinender kleiner, nichtkonfluierender Tröpfchen und enthalten oft Involutionsformen von Gonokokken, kenntlich an sehr ungleicher Größe und Färbbarkeit. — Auch die Gonokokken stellen keine ganz einheitliche Art dar, sondern treten in verschiedenen Typen auf, die zum Teil Beziehungen zur Schwere der Infektion zeigen (Jötten). — Tierversuche kommen praktisch nicht in Betracht. —

So einfach und rasch ausführbar die bakteriologische Diagnose einer typischen akuten Gonorrhoe ist, so schwierig kann die Erkennung einer chronischen Infektion sein. Besonders verantwortungsvoll ist die Entscheidung der Frage, ob noch Ansteckungsfähigkeit besteht oder nicht, in erster Linie für den Ehekonsens. Ein negatives Ergebnis ist hier erst nach längerer sorgfältiger Durchmusterung der Präparate und nach mehrmaliger Probenahme, vor allem unter Anwendung von Provokationsmitteln auszusprechen, durch die die etwa in der Tiefe der Schleimhaut und der benachbarten Drüsen versteckt sitzenden Gonokokken mobilisiert und dem Sekret beigemischt werden. Die Mittel zu einer solchen Provokation, deren Anwendung natürlich Sache des behandelnden Arztes ist, sind teils lokaler, teils allgemeiner Natur. Zu ersteren gehören digitale Kompression der Prostata bzw. der Bartholinischen Drüsen, sowie Reizung der Urethralschleimhaut, am einfachsten durch Injektion am destilliertem Wasser; eine Provokation allgemeiner Natur erfolgt durch intravenöse oder intramuskuläre Injektion kleiner Mengen, eventuell wiederholentlich (beginnend mit etwa 0,1 ccm), abgetöteter Gonokokkenemulsion (sogenanntes Arthigon).

Bei der **epidemiologischen Erforschung** der Gonokokkeninfektionen kommt für die genitalen Infektionen in erster Linie der direkte Kontakt, vor allem durch die Kohabitation in Betracht, wobei festzuhalten ist, daß auch seitens einer klinisch scheinbar gesunden Person, die einmal Gonorrhoe gehabt hat, noch nach Jahren Ansteckung erfolgen kann, weil die Gonokokken sich sehr lange nach scheinbarer klinischer Heilung auf den Schleimhäuten des Urogenitalapparates latent zu erhalten vermögen. Daneben besteht die Möglichkeit indirekter Infektion durch infizierte Schwämme, Wäsche, Badewasser, wodurch es sogar zu gruppenweiser Erkrankung kommen kann (Vulvovaginitis kleiner Mädchen). Für die gonorrhoische Infektion der Augenbindehaut spielt direkte Übertragung seitens der infizierten Mutter auf den Neugeborenen intra partum die wichtigste Rolle; auch hier kann indirekte Ansteckung durch infizierte Gebrauchsgegenstände und Fliegen stattfinden und geradezu zu epidemischer Ausbreitung der Krankheit führen, wenn inmitten einer armen unwissenden Bevölkerung die Übertragung hemmungslos ist. Hierbei beobachtet man, z. B. in Ägypten, eine ausgesprochene jahreszeitliche Periodizität der Zahl der Infektionen, wobei die Zahl der Fliegen, sowie die Reizung der Conjunctiva durch Staub als prädisponierendes Moment eine Rolle spielen. Bei einigermaßen entwickelter Reinlichkeit der Bevölkerung sind der extragenitalen Übertragung gonorrhoischer Infektionen sehr enge Grenzen gezogen, da der Gonokokkus ein sehr vergängliches Gebilde darstellt, das insbesondere durch Austrocknung und Licht rasch zugrunde geht und keinesfalls zu einer längeren Widerstandsfähigkeit in der Außenwelt befähigt ist.

5. Meningokokken (Diplococcus intracellularis meningitidis [Weichselbaum]).

Erreger der epidemischen Cerebrospinalmeningitis (Genickstarre), seltener einer schweren Allgemeininfektion mit petechialen, zum Teil eitrig-pustulösen Herden in der Haut. Bei der Meningitis ist Verwechslung mit klinisch ähnlichen Meningitiden, verursacht durch Tuberkelbazillen, Pneumo-, Strepto- und Staphylokokken, möglich und die Differentialdiagnose nur durch bakteriologische Untersuchung der Zerebrospinalflüssigkeit, entnommen durch die Lumbalpunktion nach Quincke (vgl. Bd. 1, S. 494), zu stellen. Die schwere Allgemeininfektion mit Meningokokken kann mit septisch-pyämischen Prozessen, verursacht durch pyogene Staphylo- und Streptokokken, sowie auch mit Fleckfieber verwechselt werden; die bakteriologische Untersuchung der Petechien und pyämischen Hautherde läßt die Meningokokken meist schon im direkten (Ausstrich- oder Schnitt-) Präparat erkennen. Für die Epidemiologie der Genickstarre sind die leichtesten Meningokokkeninfektionen sehr wichtig (vgl. unten), die klinisch symptomlos (Meningokokkenträger) oder unter dem Bilde einer Pharyngitis oder eines eitrigen Schnupfens verlaufen und bei denen die Meningokokken im Nasen- und Rachenschleim sowie vor allem im Nasenrachenraum nachweisbar sind.

Bei der Meningitis genügt zur Diagnose der Nachweis des charakteristischen morphologischen Verhaltens im Originalausstrichpräparat, nach Zentrifugieren des Liquors: gramnegative, semmelförmige intra- oder extrazellulär gelegene Diplokokken, ganz vom Aussehen der Gonokokken (vgl. oben S. 521), von denen sie rein morphologisch mit Sicherheit nicht zu unterscheiden sind, wenn auch bei den Meningokokken ungleichmäßige, sowohl nach Größe wie nach Färbungsintensität ganz verschiedene Kokken entschieden häufiger sind (vgl. unten Fig. 5): überdies wird die Frage der Unterscheidung von Gonokokken und Meningokokken praktisch kaum in Betracht kommen, wegen der ganz verschiedenen Lokalisation beider Infektionen. Schwierigkeiten können entstehen, wenn infolge fortgeschrittener Phagozytose in nicht ganz frischen oder in behandelten Fällen die Meningokokken im Liquor überhaupt nicht mehr oder nur spärlich vorhanden und von Zellkernfragmenten u. dgl. nicht sicher unterscheidbar sind. Die Beschaffenheit der im Liquor enthaltenen Zellen gibt schon Unterscheidungsmerkmale zwischen tuberkulöser Meningitis (mit einkernigen Leukozyten) und den durch Kokken erzeugten Mengitiden (mit vielkernigen, neutrophilen Leukozyten) an die Hand. Zum Nachweis vereinzelter Meningokokken dient ein Anreicherungsverfahren, bei dem der Liquor, mit 2%iger Traubenzuckerbouillon zu gleichen Teilen gemischt, 24 Stunden bei 37° gehalten und dann nochmals mikroskopisch untersucht wird. Bei zweifelhaftem Befund ist das Kulturverfahren heranzuziehen. Meningokokken wachsen wie Gonokokken nicht auf gewöhnlichen Nährböden und werden am besten auf Aszites-Agar gezüchtet (Reaktion richtig stellen! Vgl. oben S. 521f.); die Meningokokken bilden auf diesem Nährboden bei 37° binnen 24 Stunden Kolonien, die mehrere Millimeter Durchmesser aufweisen und sich sowohl durch diese erheb-

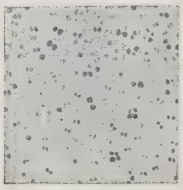


Fig. 5. Meningokokken in Reinkultur. Aus Flügge, a. a. O. S. 532, Fig. 170. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 500.

lichere Größe wie durch ihr opakeres Aussehen (grau durchscheinende Beschaffenheit) deutlich von den viel kleineren Strepto- und Gonokokkenkolonien unterscheiden, die in Gestalt durchsichtiger tautröpfchenartiger Gebilde auftreten. Ein beim ersten Ausstrich des Zentrifugats aus dem Liquor auf gewöhnlichem Agar etwa erhaltenes Wachstum kann dadurch vorgetäuscht sein, daß aus dem eitrigen Material menschliches Eiweiß mit übertragen wurde; eine weitere Überimpfung einer Spur dieser ersten Kultur auf gewöhnliche Nährböden liefert dann ein negatives Ergebnis. Größere Schwierigkeiten bietet die Untersuchung der oberen Atmungswege auf Meningokokken, die besonders für die Feststellung von Kokkenträgern und für die Kontrolle des Aufhörens der Ansteckungsfähigkeit in der Genesung sehr wichtig ist. In erster Linie ist hier darauf zu achten, daß das Untersuchungsmaterial in ganz frischem Zustand verarbeitet wird, da die Meningokokken bald absterben. Während bei der Untersuchung des Liquors das oben geschilderte Verhalten der Meningokokken in morphologischer und kultureller Beziehung zur Identifikation meist ausreicht, da die (sogleich zu besprechenden) anderen gramnegativen Kokken nur sehr selten in die Meningen eindringen, ist bei der Untersuchung des Rachen- oder Nasenschleims auf Meningokokken (betreffs Entnahme vgl. Bd. 1, S. 495) auf diese Möglichkeit sorgfältig Bedacht zu nehmen und die Identifikation der gefundenen Kokken zu bewirken, da sich in den oberen Atmungswegen öfters fremde gramnegative Kokken gänzlich harmloser Natur (Diplococcus crassus, Pseudomeningokokken) oder von geringerem bzw. zweifelhaftem pathogenem Vermögen (Diplococcus catarrhalis) finden, die zwar zum Teil schon durch gewisse morphologische und kulturelle Merkmale von den echten Meningokokken sich unterscheiden, eine sichere Differentialdiagnose aber nur durch serologische Reaktionen gestatten.

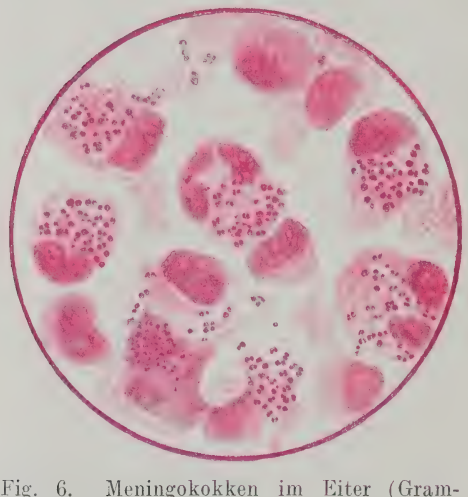


Fig. 6. Meningokokken im Eiter (Gram-Fuchsin-Färbung). Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 681. Vergr. 1 : 800.

Von den erwähnten morphologischen oder kulturellen Unterscheidungsmerkmalen seien genannt: Diplococcus crassus mit gröberem Korn und deutlich grampositivem oder doch gegenüber der Gramschen Färbung wechselndem Verhalten; Pseudomeningokokken durch die gelbe Farbe ihrer Kolonien und ihre Fähigkeit, bei Zimmertemperatur zu wachsen; Diplococcus catarrhalis durch Mangel der Vergärung von Glukose und Maltose, während Gonokokken nur Glukose, Meningokokken außer dieser auch Maltose auf Serumagarplatten, die mit diesen Zuckerarten versetzt sind, vergären. Bei der Herstellung dieser Zuckernährböden ist darauf Bedacht zu nehmen, daß durch längeres Kochen unter dem Einfluß der alkalischen Reaktion Zersetzungen der Zuckerarten eintreten können können; man geht daher am besten so vor, daß eine konzentriertere, z. B. 10%ige Zuckerlösung zunächst für sich allein bzw. nur in Mischung mit Lackmuslösung (Kahlbaum) 2 Minuten gekocht, dann nach Abkühlen schwach alkalisiert wird (zu je 10 ccm Zuckerlösung 0,5% Normalsodalösung) und von dieser fertigen Lösung so viel zum Aszitesagargemisch hinzugefügt wird, daß der Nährboden schließlich 1% Zucker enthält. Die Vergärung dieser verschiedenen Kohlehydrate ist jedoch wenig zuverlässig, da ziemlich

weitgehend, insbesondere bei Stämmen, die längere Zeit im Menschen gelebt haben, dem Variieren unterworfen. Zur Unterscheidung der Meningokokken von den ihnen ähnlichen Epiphyten der oberen Atmungswege kann ferner ihr Verhalten gegen Galle bzw. taurocholsaures Na herangezogen werden, durch das die Meningokokken wie die Gonokokken und Pneumokokken aufgelöst werden (vgl. oben S. 519), während die meningokokkenähnlichen Keime intakt bleiben.

Einwandfreie Ergebnisse werden meist durch die Anwendung der Agglutinationsprobe mit einem genügend hochwertigen Immunserum erhalten; nur ist die Reaktion hier bei 55° anzusetzen und der Ausfall erst nach 24 Stunden abzulesen, da nach kürzerer Beobachtungsdauer und bei 37° die spezifische Agglutination ausbleiben kann. Betreffs der Ausführung der Reaktion und der erforderlichen Kontrollen (mit Kochsalzlösung und Normalserum) vgl. in Bd. 1, S. 523; möglichst ist auch eine Prüfung des Titers des Immunserums mit einer einwandfreien, gut agglutinablen Meningokokkenkultur vorzunehmen. Freilich kommen auch inagglutinable Meningokokken vor, deren Identifikation mittels des Castellanischen Absorptionsversuches (vgl. Bd. 1, S. 530f.) oder durch kreuzweise Immunisierung, d. h. aktive Immunisierung eines Kaninchens mit dem fraglichen Stamm und Prüfung des so erhaltenen Serums gegenüber einer Testkultur von Meningokokken (vgl. Bd. 1, S. 500f.) versucht werden kann. Durch weitgehende Variabilität der Meningokokken können insbesondere bei der Nachuntersuchung Genesender große Schwierigkeiten entstehen, z. B. bei mehreren in Abständen von je einigen Tagen erfolgenden Untersuchungen das eine Mal typische oder atypische Meningokokken, das andere Mal Diplokokken gefunden werden, die nach ihrem kulturellen und serologischen Verhalten nicht als Meningkokken anzusprechen sind. Ob solche Kokken dann als weitgehend variierte Meningokokken oder als andersartige Keime anzusprechen seien, die vielleicht von vornherein neben den echten Meningokokken vorhanden waren, wird sich in praxi nicht immer sicher entscheiden lassen.

Die **epidemiologische Erforschung** der Genickstarre muß von den Grundsätzen ausgehen, daß die Kokkenträger die wichtigste Infektionsquelle darstellen und daß zur Entstehung des schweren klinischen Krankheitsbildes mit Lokalisation der Erreger in den Meningen aus der ursprünglichen örtlichen Ansiedlung der Meningokokken im Nasenrachenraum offenbar eine bestimmte Disposition gehört. Nur so ist es zu verstehen, daß selbst innerhalb großer Epidemien verhältnismäßig selten mehr als eine ausgebildete klinische Erkrankung in einer Familie vorkommt und daß die Zahl der anläßlich systematischer Durchuntersuchung der Personen aus der Umgebung des Kranken gefundenen Meningokokkenträger meist um ein Vielfaches die Zahl der Erkrankten übertrifft. Die Disposition, die das Eindringen der Meningokokken von den oberen Atmungswegen aus in die Meningen und die Ausbildung des typischen schweren Krankheitsbildes ermöglicht, ist eben offenbar nicht sehr weit verbreitet. Sie findet sich am häufigsten bei Kindern, und zwar bei solchen von sogenannter lymphatischer Konstitution. Durch äußere Umstände kann allerdings ein von Natur aus bestehender geringerer Grad der individuellen Empfänglichkeit erheblich gesteigert werden und dadurch die Seuche weitere Kreise ergreifen. Hierher gehört die Häufung der Erkrankungen im Winter und Vorfrühling, wobei wahrscheinlich durch Erkältung eine Herabsetzung der Widerstandsfähigkeit der Gewebe an den Eintrittspforten erfolgt. Andererseits kommen Genickstarre-Epidemien besonders unter gewissen örtlichen und beruflichen Verhältnissen vor, so bei Bergarbeitern und beim Militär; hier spielen

als prädisponierende Momente wohl die schwere körperliche Arbeit bei hoher Temperatur mit nachfolgender Erkältungsgefahr, sowie die vergrößerte Gefahr des Kontaktes in engen Arbeitsräumen mit. Außerdem sind zur Erklärung des plötzlichen Kommens und Gehens der Epidemien, das sich gerade bei der Genickstarre oft ohne jede erkennbare äußere Veranlassung zeigt, Virulenzschwankungen des Erregers heranzuziehen, wie sie sich übrigens auch in Reagenzglaskulturen ganz spontan, und zwar sowohl im positiven wie im negativen Sinne, äußern. Als Übertragungsweg kommt, entsprechend der geringen Widerstandsfähigkeit des Meningokokkus, der in der Außenwelt rasch zugrunde geht und insbesondere die Austrocknung nicht erträgt, fast nur die direkte Übertragung von Mensch zu Mensch in Betracht (Kontakt- und Tröpfcheninfektion); indirekte Übertragung wäre z. B. durch Taschentücher oder Eß- und Trinkgeschirr möglich; Ansteckung durch trockenen Staub ist auszuschließen; entgegenstehende Angaben aus früherer Zeit beruhen auf Verwechslung der echten Meningokokken mit widerstandsfähigeren epiphytischen Mikroben des Nasenrachenraums.

6. Micrococcus tetragenus (Sarcine tetragena).

Meist als Erreger von Mischinfektionen, besonders in tuberkulösen Kavernen gefunden, gelegentlich aber auch für sich allein als Eitererreger konstatiert. Charakteristisches morphologisches Verhalten: Kugelrunde Kokken größer als Staphylokokken, grampositiv, meist in Vierergruppen (Tetraden) zusammenliegend, was im Namen zum Ausdruck gelangt, manchmal auch in würfelförmigen Verbänden zu 8, daher von einigen Autoren als Sarcine bezeichnet. Im menschlichen und tierischen Organismus sind die Verbände von einer deutlichen Kapsel umgeben. Kulturen gedeihen schon bei 22° sehr üppig; die Kolonien erscheinen als porzellanweiße, dicke, knopfartige, häufig schleimige Gebilde; Gelatine wird nicht verflüssigt. Tierpathogenität sehr ausgesprochen gegenüber weißen Mäusen, während graue Mäuse refraktär sind; nach subkutaner Impfung septikämische Verbreitung in Blut und allen Organen.

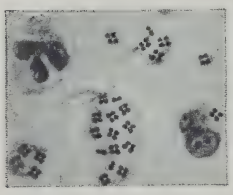


Fig. 7. Tetragenus im Eiter. Aus Flügge, a. a. O. S. 534, Fig. 171. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 500.

II. Pathogene Bazillen.

AA. Sporenbildner.

1. Milzbrandbazillus (Bac. anthracis).

Erreger einer bei Rindern, Schafen, Pferden, Wild und Raubtieren meist tödlichen, in leichterer Form bei Schweinen vorkommenden und gelegentlich epidemisch auftretenden Tierseuche, die auf verschiedenen Wegen auch auf den Menschen übertragbar ist und, je nach der Eintrittspforte, durch die das Virus in den menschlichen Körper eindringt, in verschiedenen Formen auftritt: 1. bei Infektion von seiten der Haut, durch kleinste Verletzungen, auch durch Stechfliegen, als Hautmilzbrand, Pustula maligna, Milzbrandkarbunkel, 2. seltener bei Einatmung des Virus, meist durch trocken verstäubte Milzbrandsporen (Dauerformen) als Lungenmilzbrand (Hadernkrankheit); 3. noch seltener durch Infektion von

seiten des Verdauungstraktus, z. B. durch Genuß rohen oder ungenügend gekochten Fleisches milzbrandiger Tiere als Darmmilzbrand. Bei Tieren tritt der Milzbrand meist ohne örtliche Herdbildung in Form einer allgemeinen, oft foudroyanten Septikämie auf; das Virus dringt beim Tier meist von seiten des Darmes, seltener von Verletzungen der Haut und der Schleimhaut der Mundhöhle aus ein.

Als Untersuchungsmaterial dienen bei menschlichem Milzbrand die krankhaften Se- und Exkrete; bei Hautmilzbrand Pustelinhalt (Vorsicht bei der Entnahme im Interesse des Erkrankten, um nicht durch Eröffnung der Blut- und Lymphwege von der relativ gutartigen lokalen eine generalisierte Infektion zu erzeugen!), bei Lungenmilzbrand das blutige Sputum, bei Darmmilzbrand die blutigen Darmentleerungen; bei tierischem Milzbrand entnimmt man am zweckmäßigsten etwas Blut aus der Ohrvene.

Die bakteriologische Diagnose kann in frischen typischen Fällen oft schon aus dem charakteristischen morphologischen Verhalten im Originalausstrichpräparat gestellt werden: Große Stäbchen von 2—10 μ Länge, 1—1,25 μ Dicke, von starrer zylindrischer Form mit scharf abgeschnittenen Endflächen, ohne Eigenbewegung, grampositiv. Im gefärbten Ausstrichpräparat sind die Endflächen oft sogar etwas eingezogen, so daß zwischen den einzelnen Fädchen, die in Fäden aneinander gereiht sind, bikonvexe helle Lücken erscheinen; dazu sind die Einzelglieder des Fadens oft in der Mitte etwas dünner als an den aufgetriebenen Enden; diese sogenannten Bambusformen sind aber Kunstprodukte, die durch die der Färbung vorangegangenen Prozesse der Trocknung und Fixierung entstehen und im ungefärbten lebenden Präparat nicht zu Gesicht kommen. In Organschnitten sind häufig die Kapillaren ganz erfüllt von Milzbrandbazillen, so daß je nach der entsprechend der Struktur des betreffenden Organes ganz charakteristischen Verteilung der Bazillen im Kapillarnetz (analog einem Injektionspräparat) sehr typische Bilder entstehen, z. B. strahlenförmige Anordnung der Bazillen in den Leberläppchen, knäuelförmige Anordnung in den Gefäßschlingen der Glomeruli in den Nieren, netzförmige Verteilung in den Alveolarsepten der Lunge usf. Schon in gewöhnlichen oder nach Gram gefärbten Präparaten, am schönsten nach Giemsa-Färbung, tritt die Kapsel, die den Milzbrandbazillus und seine Scheinfäden als Ganzes umgibt, als deutliche helle bzw. in der Kontrastfarbe erscheinende Zone auf; betreffs besonderer (meist entbehrlicher) Kapselfärbungen vgl. Bd. I, S. 382f. Die Kapselbildung, die als Schutzvorrichtung des Bazillenleibes gegen die bakterienfeindlichen Wirkungen des Wirtsorganismus aufzufassen ist, kommt nur im lebenden und toten Gewebe zur Ausbildung, nicht dagegen in der künstlichen Kultur. Umgekehrt kommt im lebenden menschlichen und tierischen Gewebe sowie in der uneröffneten Leiche keine Sporenbildung zustande, zu der (neben einer mindestens 16° betragenden Temperatur) als unerläßliche Vorbedingung Luftzutritt erforderlich ist.

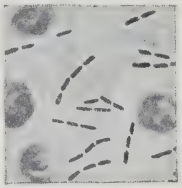


Fig. 8. Milzbrandbazillen mit Kapseln im Gewebsausstrich. Aus Flügge, a. a. O. S. 535, Fig. 173. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 500.

Die genannten morphologischen Merkmale des Milzbrandbazillus genügen bei massenhaftem gleichartigen Bazillenbefunde oft schon zur Diagnose. — Schwierigkeiten können entstehen, wenn einerseits, wie z. B. bei milderen menschlichen Infektionen,

nur wenige Bazillen in Blut und Gewebe vorhanden bzw. in nicht ganz frischen Fällen die Milzbrandbazillen schon abgestorben und aufgelöst sind, andererseits wenn, besonders in Tierkadavern, bei Eintritt der Fäulnis große saprophytische Bazillen Blut und Organe überschwemmen. Aus letzterem Grunde gelingt auch die Unterscheidung des echten Milzbrandbazillus von ähnlichen Saprophyten aus der Gruppe der Heubazillen, den sogenannten Pseudomilzbrandbazillen, in der Außenwelt z. B. in Futtermitteln, Abfallstoffen u. dgl. schwierig; sehr wertvoll ist in solchen Fällen die Prüfung auf Eigenbewegung, die allerdings besonders sorgfältig in Nährbouillon und bei 37° angestellt werden muß, um noch Spuren von etwaiger Eigenbewegung, deren Nachweis die Diagnose Milzbrand völlig ausschließt, zu ermitteln. In Leichenteilen, bei fortgeschrittener Zersetzung erscheinen die Milzbrandbazillen entweder wie angefressen durch Zerstörung im Serum oder von Phagozyten eingeschlossen oder umgeben; schließlich ist das ganze Innere des Bazillenleibes zerstört, und es bleiben nur die leeren Kapseln, nach Analogie der „Schatten" von zerstörten roten Blutkörperchen zurück.

Ist eine Überwucherung der Milzbrandbazillen durch Saprophyten zu befürchten, z. B. bei Entnahme aus einem bereits in Fäulnis übergehenden Tierkadaver oder auf einem längeren Transport der Proben zur Untersuchungsstelle, so empfiehlt es sich, das Untersuchungsmaterial (Blut oder dergleichen) sogleich nach der Entnahme auf einem porösen Gipsstäbchen

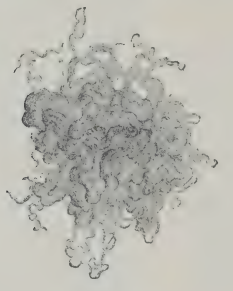


Fig. 9. Milzbrandkolonie (Vergr. 1 : 60). Aus Flügge, a. a. O. S. 535, Fig. 175.

Fig. 10. Milzbrandbazillen, Reinkultur (Klatschpräparat). Aus Flügge, a. a. O. S. 535, Fig. 172. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 500.

aufzufangen (erhältlich bei F. u. M. Lautenschläger, Berlin), auf dem infolge der Eintrocknung das Wachstum der Bakterien rasch zum Stillstand gebracht, die Sporenbildung dagegen begünstigt wird; an der Untersuchungsstelle angelangt, wird die so eingetrocknete Probe mit steriler Bouillon aufgeweicht und dann einerseits sofort in unverändertem Zustande, andererseits nach halbstündiger Erhitzung auf 80°, wodurch die vegetativen Formen vernichtet werden, die Sporen dagegen erhalten bleiben, zu Plattenkulturen und Tierimpfungen verarbeitet; man versäume nie, neben dieser erhitzten auch eine unerhitzte Probe zu verarbeiten, weil, falls die Sporen noch nicht vollständig ausgebildet sein sollten, mit der Möglichkeit ihres Absterbens schon bei der beschriebenen vorsichtigen Erhitzung gerechnet werden muß; mindestens eine der beiden Proben wird sich als brauchbar erweisen.

Als weitere Hilfsmittel der Diagnose kommen, wenn die morphologische Beurteilung nicht ausreicht, das Kulturverfahren und der Tierversuch in Betracht. Auf Gelatine- und Agar-Platten bildet der Milzbrandbazillus charakteristische Kolonien, die entsprechend dem Auswachsen der Bazillen zu langen gewundenen Fäden, aus Knäueln solcher Fäden zusammengesetzt sind und deren Rand aus welligen glänzenden Fadensträngen, vergleichbar mit gelocktem Haar oder gesponnenem Glase besteht. Gelatine wird langsam verflüssigt. In den Kulturen Bildung

typischer mittelständiger ovaler Sporen. Aber auch gewisse Saprophyten, die bereits oben erwähnten Pseudomilzbrandbazillen können ganz ähnliche Kolonien und Sporen bilden. Im Tierversuch, am einfachsten durch subkutane Verimpfung bei der weißen Maus, septikämische Verbreitung der Milzbrandbazillen in allen Organen; vgl. oben S. 527; bei geringerer Vermehrung der Bazillen im Tier könnte im Originalpräparat Verwechslung mit gewissen Erregern anaërober Wundinfektion (Bazillen des malignen Ödems) möglich sein; durch Anlegung aërober Oberflächenkulturen aus dem Blut und Organen des geimpften Tieres gelingt die Unterscheidung.

Eine serologische Untersuchung auf Milzbrand kann durch die Thermopräzipitation nach Ascoli erfolgen (vgl. Bd. 1, S. 536f.), die sich besonders bei fauligem Material bewährt, das sich sonst weder zur kulturellen Untersuchung noch zur diagnostischen Tierimpfung mehr eignen würde.

Bei der **epidemiologischen Erforschung** des Milzbrandes kommt es in erster Linie darauf an, die Ansteckungsquelle zu ermitteln. Hierfür kommt entweder der direkte Kontakt mit einem milzbrandigen Tier in Betracht, wofür man sich zweckmäßig der Mithilfe des beamteten Tierarztes versichert, wie das im Deutschen Reichsseuchengesetz ausdrücklich vorgesehen ist; oft gibt schon der Beruf des Erkrankten einen Hinweis auf stattgehabte Beziehungen zu Tierseuchen (Landwirte, Tierzüchter, Tierärzte, Reiter, Metzger, Abdecker). In anderen Fällen handelt es sich um indirekten Kontakt, dessen Reichweite bei Milzbrand in räumlicher und zeitlicher Beziehung wegen der außerordentlichen Widerstandsfähigkeit der Milzbrandsporen sehr groß ist; Milzbrandsporen können sich nachweislich jahrzehntelang lebend und virulent erhalten und an infizierten Gegenständen haftend, auf weite Entfernungen, von einem Erdteil zum anderen in infektionstüchtigem Zustand verschleppt werden. Auch für den indirekten Kontakt liefern gewisse berufliche Verhältnisse der dabei beteiligten Personen gewisse Anhaltspunkte: Ansteckung durch infizierten Dünger bei Landwirten, durch Felle bei Fell- und Pelzhändlern, Gerbern, Abdeckern, durch Borsten bei Bürstenmachern, durch Roßhaarverarbeitung, endlich infolge Verwendung von Rasierpinseln. (NB. Die feinen Sorten aus Dachshaar bieten keine Gefahr.) —

Indirekter Kontakt kann auch durch Boden und Wasser erfolgen, z. B. von Abdeckereiplätzen, auf denen früher milzbrandige Tiere verarbeitet worden waren, auf Weideplätzen, wo einmal das Vieh von Milzbrand befallen war, die Sporen eine sehr hartnäckig persistierende Ansteckungsfähigkeit bedingen und insbesondere durch Überschwemmungen eine Mobilisierung und Verschleppung des Virus zustande kommt, wodurch eine jahreszeitliche Periodizität der Milzbrandinfektionen entsteht. Eine solche kann übrigens auch durch reine Zufälligkeiten bedingt werden; vgl. hierzu den bereits in Bd. 1, S. 572 erwähnten Fall von Frank. Hat sich der Verdacht auf Ansteckungsfähigkeit aus epidemiologischen Gründen auf irgendeinen Gegenstand gelenkt, so wird die bakteriologische Untersuchung am besten durch Verimpfung von wässerigen erhitzten und nicht erhitzten Extrakten auf Versuchstiere, manchmal in der Lage sein, den Verdacht eventuell auch experimentell zu bestätigen. Negative Ergebnisse dieser experimentellen Nachprüfung vermögen eine begründete epidemiologische Beweisführung nicht zu entkräften, da es natürlich Sache des Zufalls sein wird, ob man hierbei gerade eine virushaltige Probe verarbeitet hat.

2. Tetanusbazillus.

Erreger des Wundstarrkrampfes. Die Tetanusbazillen finden sich nur an der Eintrittspforte der Infektion in der unmittelbaren Umgebung einer Haut- oder Schleimhautverletzung; die allgemeinen Krankheitserscheinungen, die vom Zentralnervensystem ausgehen, werden durch die löslichen Giftstoffe des Erregers hervorgebracht.

Zur bakteriologischen Diagnose entnimmt man Material (Gewebstrümmer oder -saft, Eiter, Blut) von der als Eintrittspforte der Infektion verdächtigen Wunde. Entsprechend der anaëroben Natur des Erregers kommen in erster Linie in Betracht Wunden, die anaërobe Existenzbedingungen bieten, d. h. tiefe Stich- und Schußwunden, bei denen der Wundkanal sich wieder geschlossen hat oder durch geronnenes Blut oder Fremdkörper verlegt ist, so daß keine Luft zutreten kann; weiterhin Wunden mit ausgedehnten Gewebszerstörungen (Zerquetschungen, Zermalmungen, Granatsplitterverletzungen), in denen das abgestorbene Gewebe (auch Blutergüsse) den Sauerstoff bindet und so in seiner Umgebung anaërobe Wachstumsbedingungen geschaffen werden; aber selbst in oberflächlichen Wunden, z. B. in der Nabelwunde des Neugeborenen, kann der Tetanusbazillus geeignete Wachstumsbedingungen finden, wenn durch Fremdkörper, die in die Wunde gelangt sind (Holzsplitter, Tuchfetzen u. dgl.) die zuwandernden Leukozyten, die sonst die Tetanussporen rasch zerstören, angelockt und so von den Tetanussporen abgelenkt werden, oder wenn durch Mischinfektion mit aëroben Erregern der Sauerstoff absorbiert und so die Möglichkeit des Wachstums für die Tetanusbazillen geschaffen wird. Die Tetanusbazillen finden die Stätte ihrer Vermehrung in erster Linie im Darm der pflanzenfressenden Tiere und gelangen mit den Darmentleerungen der letzteren in die oberflächlichen Bodenschichten und von dort in Wunden. Wunden, die mit Dünger oder Erde verschmutzt sind, kommen als Ausgangspunkt des Tetanus in erster Linie in Betracht. Da die Tetanussporen gegenüber der Austrocknung sehr widerstandsfähig sind und nachweislich in trockenem Zustande jahrelang sich lebend und virulent erhalten, so kann Tetanus auch durch gewöhnlichen Wohnungsstaub erzeugt werden. Forensisch wichtig ist insbesondere die Entstehung des Tetanus nach kriminellem Abort. In manchen Fällen ist die Ermittlung der Eintrittspforte der Infektion sehr schwierig oder unmöglich, weil die Erreger zunächst im Narbengewebe oder dgl. eingekapselt und dadurch vorläufig unschädlich gemacht werden, später aber nach Herabsetzung der Widerstandsfähigkeit des Organismus durch Erkältung, Trauma, insbesondere nach Operationen, oder auch aus nicht erkennbarer Ursache wieder mobilisiert werden: so erklären sich die Fälle von sogenanntem rheumatischem, traumatischem, speziell postoperativem und idiopathischem Tetanus.

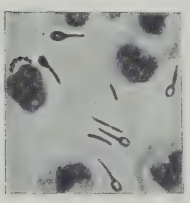


Fig. 11. Tetanusbazillen im Eiter. Aus Flügge, a. a. O. S. 581, Fig. 189. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1: 500.

Oft genügt für die bakteriologische Diagnose die Untersuchung von Originalausstrichpräparaten, in denen die Tetanusbazillen auf Grund ihres charakteristischen morphologischen Verhaltens nachgewiesen werden können: lange, schlanke, gerade oder schwach gebogene Bazillen von gramvariablen Verhalten, mit endständigen kugelrunden oder ovalen Sporen (Nagel-, Stecknadel-, Trommelschlegelformen).

Die Kultur auf künstlichen Nährböden gelingt nur unter streng anaëroben Verhältnissen und auch dann nur ziemlich schwierig. Die Kolonien und Stichkulturen zeigen ein strahliges Gefüge; die einzelnen Bazillen sind eigenbeweglich und mit zahlreichen Geißeln peritrich besetzt.

Für die praktische Diagnose, sofern sie nicht schon durch das morphologische Verhalten gestellt werden kann, ist der Tierversuch, am einfachsten

durch subkutane Verimpfung in eine tiefe, nachher durch Kollodium verklebte Hauttasche an der Schwanzwurzel einer weißen Maus, die Methode der Wahl. Das geimpfte Tier geht meist schon innerhalb 2—4 Tagen an typischem Wundstarrkrampf zugrunde; zuerst werden die der Impfstelle benachbarten Glieder (Schwanz, Hinterpfote) ergriffen und geraten in starren Krampfzustand, der später sich auf den ganzen Körper ausdehnt. Bei gleichzeitiger Mischinfektion mit aëroben Eitererregern oder den anderen sogleich zu besprechenden anaëroben Wundinfektionserregern gehen die geimpften Tiere häufig an diesen Mischinfektionen, die eine kürzere Inkubationszeit haben, zugrunde, ehe es überhaupt zur Entwicklung von Tetanussymptomen kommt. Sporenfreie Mischinfektionserreger können durch vorsichtige Erhitzung des Untersuchungsmaterials ausgeschaltet werden, wobei Tetanussporen am Leben bleiben; letztere haben zwar nicht die Widerstandsfähigkeit der Milzbrandsporen, halten aber immerhin einer Erwärmung auf 80° 1 Stunde, und der Einwirkung des strömenden Wasserdampfes von 100° noch 5 Minuten stand.

Bei der epidemiologischen Erforschung des Wundstarrkrampfes, insbesondere bei gehäuftem Vorkommen, ist auf eine gemeinsame Ursache einerseits für die oben besprochene, der Entwicklung des Tetanus Vorschub leistende Beschaffenheit der Wunden, andererseits für ihre Infektion mit Tetanuskeimen zu fahnden. Wenn während des Weltkrieges an verschiedenen Frontabschnitten die Häufigkeit des Tetanus sehr verschieden war, so spielt hierfür sowohl die verschiedene Wundbeschaffenheit als auch die verschiedene Häufigkeit der Tetanuskeime in der Außenwelt eine Rolle.

In ersterer Beziehung sind zu erwähnen: verschiedene Häufigkeit der schweren Weichteilzerstörungen (ob Granatverletzungen oder Gewehrschüsse), verschiedene Art der Wundversorgung und verschiedene Häufigkeit der prophylaktischen Anwendung des Tetanusantitoxins, das schließlich unterschiedslos bei allen Wunden vorsichtshalber zur Anwendung gelangte. Bezüglich der verschiedenen Häufigkeit der Aufnahme von Tetanuskeimen in die Wunde ist, abgesehen von den verschiedenen Möglichkeiten der Verunreinigung der Wunden mit Erde (am meisten im Schützengraben), vor allem die Verbreitung dieser Keime in der Außenwelt maßgebend, die in erster Linie von der Düngung des Bodens abhängt; in jungfräulichem Boden, z. B. im Walde, kommen Tetanusbazillen im Boden viel seltener vor. Bei der weiten Verbreitung dieser Keime können sie freilich in vereinzelten Exemplaren fast überall hin verschleppt werden und sich unter geeigneten Bedingungen später vermehren. Man muß daher mit dieser Möglichkeit jederzeit rechnen; besondere Vorsicht ist geboten bei der Bereitung von Injektionsflüssigkeiten, durch die nachweislich in manchen Fällen schon, sogar gehäuft, Fälle von Tetanus und anderen anaëroben Wundinfektionen (vgl. unten) verursacht worden sind, z. B. bei Injektion von Gelatine, von medikamentösen Lösungen in Ampullen, von Vakzinen u. dgl. Die anaëroben Keime können entweder mit dem Ausgangsmaterial oder nachträglich, selbst durch gewöhnlichen Staub, in die Injektionsflüssigkeit gelangen; die Gefahr ihrer Vermehrung ist besonders groß, wenn — wie bei der Herstellung flüssiger Massenkulturen für die Bereitung von Schutzimpfstoffen (nach der ursprünglichen Haffkineschen Methode in Bouillon, während bei Verwendung von Agaroberflächenkulturen nach Pfeiffer und Kolle diese Möglichkeit der Verunreinigung viel geringer ist) — am Grunde solcher Kulturflüssigkeiten, selbst ohne künstlichen Abschluß von Sauerstoff, anaërobe Bedingungen bestehen und die Anaërobier dann auch im offenen Kulturgefäß zu wachsen vermögen.

3. Andere anaërobe Wundinfektionserreger (Bazillen des Gasbrands, des malignen Ödems, des Rauschbrands).

Erreger der in der Überschrift genannten anaëroben Wundinfektionskrankheiten, von denen Gasbrand und malignes Ödem (auch Gasödem genannt) typische menschliche und auf Versuchstiere übertragbare Infektionskrankheiten sind, während Rauschbrand im wesentlichen eine

Tierseuche darstellt und nur gelegentlich auch menschenpathogene Rauschbrandstämme vorkommen. Die Namengebung dieser anaëroben Wundinfektionserreger ist bei verschiedenen Autoren zum Teil wechselnd, was in erster Linie damit zusammenhängt, daß diese Erreger — im Gegensatz zu dem wohl charakterisierten Tetanusbazillus — nicht einheitliche Arten, sondern vielmehr natürliche Gruppen darstellen, deren einzelne Stämme zudem in erheblichem Grade variieren. Ein weiterer, praktisch sehr bedeutsamer Unterschied gegenüber dem Tetanusbazillus besteht darin, daß die übrigen anaëroben Wundinfektionserreger nicht wie der Tetanusbazillus in ihrer Vermehrungsfähigkeit an die unmittelbare Umgebung der Eintrittspforte gebunden sind, sondern den ganzen Organismus in septikämischer Verbreitung zu überschwemmen vermögen. Für die praktisch wichtige Unterscheidung der genannten drei Typen gelten folgende Merkmale:

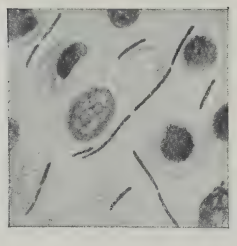


Fig. 12. Bazillen des malignen Ödems im Gewebsausstrich. Aus Flügge, a. a. O. S. 583, Fig. 190. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1:500.

Gasbrandbazillus (E. Fraenkel): dicke, plumpe, grampositive Stäbchen, ohne Eigenbewegung, an Milzbrandbazillen erinnernd, doch mit abgerundeten Enden und ohne Kapsel; Sporenbildung sehr selten; auf Meerschweinchen (nicht auf Kaninchen und Mäuse) übertragbar; schon nach wenigen Stunden zunderartiger Zerfall der Muskeln und verschiebbare Gasblase unter der Haut.

Bazillen des Gasödems (malignen Ödems) (R. Koch); etwas schlanker als Milzbrandbazillen, oft in biegsamen Fäden (daher seinerzeit von Pasteur als „Vibrion septique" bezeichnet); im allgemeinen grampositive, doch auch gramnegative Exemplare; eigenbeweglich, durch zahlreiche peritriche Geißeln; Sporen in Clostridienform; bei Verimpfung auf Versuchstiere an der Injektionsstelle unter der Haut ausgedehntes Ödem mit meist nur geringer Gasentwicklung; reichliche Stäbchen auf und in der Milz.

Rauschbrandbazillus, dem vorigen ähnlich; eigenbeweglich, grampositiv, Clostridienformen; Bildung übelriechender Gase in Kulturen, starke Gasbildung in den inneren Organen des infizierten Tieres („Schaumorgane").

Betreffs des natürlichen Vorkommens im Darm der Pflanzenfresser und in gedüngter Erde, sowie betreffs der Abhängigkeit der Infektion von der Wundbeschaffenheit gilt auch hier das oben beim Tetanusbazillus Gesagte.

4. Bac. botulinus.

Erreger einer bestimmten Form der Fleisch-, Fisch- und Wurstvergiftung (Botulismus), die aber auch durch pflanzliche Nahrungsmittel, vor allem in Konservenbüchsen vermittelt werden kann; das klinische Bild ist charakterisiert durch Vorhandensein nervöser Symptome (Augen- und Schlundmuskellähmungen) neben den mit den übrigen sogenannten Nahrungsmittelvergiftungen durch Bazillen der Paratyphus- und Enteritidis-Gruppe (vgl. unten S. 547ff) gemeinsamen Erscheinungen seitens der Verdauungsorgane (Durchfall und Erbrechen). Während bei diesen letzteren Erkrankungen durch Nahrungsmittel es sich gar nicht in erster Linie um Vergiftungen, sondern um Infektion mit lebenden Erregern bzw. sekundär um schädigende Wirkung der von diesen produzierten Toxine handelt, liegt beim Botulismus eine reine Giftwirkung durch das vom Bac. botulinus gebildete präformierte Toxin vor und ist eine Vermehrung dieses Bazillus im Organismus schon deshalb ausgeschlossen, weil er bei 37° überhaupt nicht mehr zu gedeihen vermag, sondern sein Temperaturoptimum zwischen 25° und 30° findet. Der Bac. botulinus ist also zur parasitischen Existenz im Menschen oder Tier gar nicht fähig, sondern er ist ein toxischer Saprophyt, der mit Schmutz oder dgl. in die Nahrungs-

mittel eindringt und in ihnen ein äußerst wirksames lösliches Gift produziert, das im Gegensatz zu anderen Bakteriengiften auch vom Verdauungskanal aus wirkt.

Durch seine Sporenbildung ist der Bac. botulinus befähigt, auch in erhitzten Nahrungsmitteln und Konserven sich lebend zu erhalten, insbesondere wenn die Erhitzung bei größeren Stücken (dicken Würsten u. dgl.) nicht genügend in allen ihren Teilen eingewirkt hat: die überlebenden Sporen keimen nachher aus und die vegetative Vermehrung der Bazillen mit Giftbildung findet unter streng anaëroben Bedingungen statt. Das Toxin selbst ist nicht hitzebeständig und wird bei 80° in ½ Stunde, durch Kochhitze sofort unwirksam gemacht. Das Toxin ist gegen Belichtung und gegen alkalische Reaktion wenig widerstandsfähig, vermag sich dagegen in sauren Speisen (marinierte Heringe, saure Bohnen) sowie im Magensaft zu erhalten.

Hieraus ergeben sich die Richtlinien für die bakteriologische Untersuchung.

Es wäre zwecklos, für die bakteriologische Diagnose des Botulismus etwa Blut, Gewebe- oder Ausscheidungsprodukte des erkrankten oder verstorbenen Menschen heranziehen zu wollen, in denen sich der Bac. botulinus gar nicht findet, abgesehen vom Erbrochenen, das diesen Keim aus den eingebrachten Nahrungsmitteln enthalten kann. Vielmehr sind Reste der verdächtigen Nahrungsmittel selbst zur Untersuchung zu verwenden.

Leider zeigen die vom Bac. botulinus behafteten Nahrungsmittel nicht immer sinnfällige Veränderungen, die Verdacht erwecken und sie vom Genuß ausschließen lassen, wobei allerdings auch zu bemerken ist, daß in weiten Kreisen der Bevölkerung, selbst bei sogenannten Gebildeten, oft eine geradezu erstaunliche Gleichgültigkeit gegen abnorme Beschaffenheit an Nahrungsmitteln besteht und Speisen in offenbarem Zustand der Zersetzung häufig noch genossen werden. Verdacht auf Bac. botulinus besteht insbesondere bei ranzigem Geruch und Gasbildung, die sich bei Konserven durch Auftreibung der Büchsen äußert (vgl. Bd. 2, S. 710 f.), doch können diese Merkmale auch fehlen oder höchstens ein etwas abnormer fader Geruch und Geschmack vorhanden sein.

Die Diagnose wird im Zusammenhang mit dem klinischen Befund schon durch die morphologischen Merkmale des Bac. botulinus im Ausstrichpräparat aus dem verdächtigen Material wahrscheinlich gemacht, falls die Bazillen in großen Mengen vorhanden sind. Große, etwas plumpe Stäbchen mit abgerundeten Enden, grampositiv, lebhaft beweglich und peritrich begeißelt; die Sporen sind oval und sitzen endständig oder zwischen Mitte und Ende in dem spindelförmig aufgetriebenen Bazillenleib (Clostridiumformen).

Wo aus dem Originalausstrichpräparat noch keine Diagnose gestellt werden kann, empfiehlt sich die Anlegung von Kulturen unter streng anaëroben Bedingungen bei 22—30°, nicht bei 37° (vgl. oben), in 2%igem Traubenzuckeragar oder noch besser -gelatine (die durch die Kolonien des Bac. botulinus verflüssigt wird), eventuell nach vorheriger Anreicherung in 2%iger Traubenzuckerbouillon. Entscheidend für die Diagnose ist der Tierversuch, der am einfachsten und raschesten bei Verfütterung des Ausgangsmaterials selbst an weiße Mäuse, Meerschweinchen, Affen und Tauben — andere Versuchstiere sind weniger empfindlich — zum Ziele führt; stärkere Giftproduktion wird in den Kulturen erhalten, deren keimfreie Filtrate schon in sehr kleinen Mengen bei subkutaner oder intravenöser Injektion oder bei Verfütterung die genannten Versuchstiere unter charakteristischen Lähmungserscheinungen (Mydriasis, Fazialis- und Schlundlähmung, Speichelfluß) zum Exitus bringen. —

Die epidemiologische Untersuchung des Botulismus hat ihr Augenmerk auf verdächtige Nahrungsmittel (Wurst, rohen Schinken, Fleisch, Fisch, Konserven, auch pflanzlicher Natur) zu richten; betr. der

allgemeinen Gesichtspunkte, die zur Annahme einer Nahrungsmittelvergiftung bzw. -infektion führen, vgl. Bd. 1, S. 568 f.

BB. Nichtsporenbildende pathogene Bazillen.

1. Bac. proteus.

In der Gruppe der Proteusbazillen, die im allgemeinen gewöhnliche Saprophyten darstellen und insbesondere in faulenden Stoffen sich reichlich finden, kommen gelegentlich Stämme vor, die entweder als toxische Saprophyten (z. B. bei Nahrungsmittelinfektionen) oder sogar als Infektionserreger, die einer Vermehrung im lebenden Organismus fähig sind, krankmachende Eigenschaften äußern können (Erkrankungen des Darmes und der Harnwege).

Die bakteriologische Diagnose stützt sich auf die charakteristische Koloniebildung der Proteusbazillen, deren morphologische Eigenschaften für sich allein zur Erkennung nicht ausreichen würden: schlanke, biegsame, manchmal deutlich gekrümmte und an Vibrionen erinnernde, lebhaft eigenbewegliche, mit einem dichten Besatz peritricher Geißeln behaftete, gramnegative, sporenlose Bazillen, die Gelatine sehr rasch verflüssigen und auf Agarplatten in Form ausgebreiteter hauchartiger, rapid wachsender Kolonien erscheinen; besonders charakteristisch für das Wachstum von Bac. proteus ist das Auftreten kleiner Tochterkolonien in unmittelbarer Nähe der Hauptkolonie und scheinbar ohne Zusammenhang mit ihr, in Wirklichkeit aus ihr durch Ausschwärmen einzelner Bazillen entstanden. Bac. proteus kann oft in Plattenkulturen andere im Ausgangsmaterial vorhandene Erreger überwuchern; man verhindert das durch Zusatz von ¼% Phenol zum Nährboden, wodurch das Ausschwärmen der Kolonien hintangehalten wird.

Betreffs Bac. proteus X_{19} und seine Bedeutung für die Diagnose des Fleckfiebers vgl. in dem Kapitel betreffend diese letztere Seuche (unten S. 616).

2. Bac. pyocyaneus.

Erreger des grünblauen Eiters, häufig lediglich als sekundärer Befund, selten als Erreger septikämisch-hämorrhagischer Allgemeinerkrankungen von schlechter Prognose, besonders bei kleinen Kindern mit Ansiedlung in der Haut, im Gehörgang, im lymphatischen Gewebe (z. B. den Peyerschen Plaques) und in den Harnwegen. Latentes Vorkommen im Tierkot. Züchtung aus den lokalen Krankheitsprodukten, aus Blut und Urin. Die Kolonien, in der Randbildung und Gelatineverflüssigung ähnlich denen des Bac. proteus, sind charakterisiert durch ihre Farbstoffbildung; in jüngeren Kulturen tritt der grüne bis grünblaue intensiv fluoreszierende Farbstoff hervor, in älteren Kulturen daneben noch ein rotbrauner Farbstoff; beide diffundieren auch in die Umgebung, so daß der ganze Nährboden gefärbt erscheint. Morphologische Merkmale des Bac. pyocyaneus: Schlanke, gramnegative, sporenlose, lebhaft eigenbewegliche Bazillen mit nur einer polständigen Geißel. Durch letzteres Merkmal unterscheidet sich der Bac. pyocyaneus von ähnlichen in der Außenwelt weitverbreiteten Saprophyten mit Geißelbüschel, der Gruppe des Bac. fluorescens; weitere Unterschiede zwischen beiden Arten bestehen in der nur dem Bac. pyocyaneus eigenen (bei verschiedenen Stämmen allerdings wechselnden) Tierpathogenität, am meisten gegenüber Meerschweinchen ausgesprochen, sowie in der Löslichkeit des Pyocyanins in Chloroform.

Auch eine serologische Diagnose nach Art der Gruber-Widalschen Reaktion ist möglich; doch ist ein hoher Titer des Krankenserums meist nur bei allgemeiner Infektion und ganz vorwiegend nur gegenüber dem eigenen Stamm ausgebildet.

In epidemiologischer Hinsicht ist vor allem bemerkenswert, daß die krankheitserregende Wirkung des Bac. pyocyaneus in erster Linie sich gegenüber geschwächten Individuen und kleineren Kindern äußert.

3. Bac. typhi abdominalis.

Erreger des Unterleibstyphus. Letztere Bezeichnung ist insofern irreführend, als es sich einerseits nicht um eine nur im Verdauungskanal (Dünndarm) lokalisierte Erkrankung, sondern um eine echte septikämische Allgemeininfektion handelt, bei der die Darmerscheinungen nur die häufigste Lokalisation darstellen, und als andererseits der Typhus beim Menschen (auch ohne vorangegangene Schutzimpfung) in ganz anderer klinischer Erscheinungsweise auftreten kann (Angina, Bronchopneumonie, Nephritis, sowie in Form atypischer leichtester oder abortiver Fälle); besonders im Kindesalter treten solche leichten Fälle sehr häufig auf und werden ohne bakteriologische Untersuchung meist nicht erkannt. Man mache es sich zum Grundsatz, bei jeder fieberhaften Erkrankung, deren andersartige Natur nicht ganz einwandfrei festgestellt ist, stets an Typhus zu denken. Die rein klinische Diagnose ist in einer großen Zahl der Fälle unmöglich. Durch den Typhusbazillus werden ferner verschiedene Nachkrankheiten des Unterleibstyphus verursacht, z. B. Eiterungen in verschiedenen Organen und Geweben des Körpers, mit oder ohne Anwesenheit von pyogenen Kokken, sowie die als Sitz der Dauerausscheidung der Typhusbazillen in erster Linie in Betracht kommenden Affektionen der Gallen- und Harnwege (Cholecystitis und Pyelitis). Latente Ausscheidung von Typhusbazillen mit den Fäzes kommt außerdem zeitweise vor bei den sogenannten symptomlosen Typhen, ferner in der Genesung bei etwa 30% aller Typhusfälle im Urin. Der Gang der Infektion und die Verbreitung der Typhusbazillen im erkrankten Menschen sind folgendermaßen aufzufassen, was für die Auswahl des Materials für die bakteriologische Diagnostik und die Bewertung der verschiedenen Untersuchungsmethoden von ausschlaggebender Wichtigkeit ist. Der Typhusbazillus dringt meist von einer Stelle des Darmkanals, in seltenen Fällen vielleicht auch seitens äußerer Verletzungen in die Blutbahn ein und vermehrt sich dort zunächst, um dann vom Blut aus in seine bevorzugte Ansiedlungsstelle, in die Gallenwege überzugehen; erst mit der infizierten Gallenflüssigkeit findet dann die massenhafte Aussaat über den gesamten Dünndarm statt, während andererseits sekundäre Herde an den verschiedensten Stellen des Körpers sowie Nachschübe und Rezidive entstehen können. Im Anfang der klinischen Erkrankung, etwa in den ersten beiden Krankheitswochen, ist die Züchtung der Typhusbazillen aus dem Blut das aussichtsreichste Untersuchungsverfahren, das zu dieser Zeit fast in 100% der Fälle Erfolg verspricht, während dann die Typhusbazillen im Stuhl und Urin noch nicht vorhanden sind. Andererseits sind in den späteren Stadien der Krankheit, nach der zweiten Woche, im Blut Typhusbazillen nicht mehr oder doch nur gelegentlich, anläßlich von Nachschüben oder Rezidiven, vorhanden; statt dessen haben sich um diese Zeit im Blute fast stets schon Antikörper gebildet, die mittels serologischer Methoden, am einfachsten durch die Gruber-Widalsche Reaktion mit Patientenserum, nachgewiesen werden können; außerdem ist der kulturelle Nachweis der Typhusbazillen in Stuhl und Urin (auch im Sputum) zu versuchen, der allerdings nur in 20—30% der Fälle Erfolg verspricht.

Die Identifikation des Typhusbazillus und seine Unterscheidung von verwandten Erregern der Paratyphus-, Enteritidis- und Coli-Gruppen und einigen anderen Darmbakterien (Bac. faecalis alcaligenes) ist auf

Grund morphologischer Merkmale allein nicht mit Sicherheit möglich, da dieselben allen Spezies aus den genannten Gruppen mehr oder minder in gleicher Weise zukommen: Kurze Bazillen von mittlerer Dicke mit abgerundeten Enden, gramnegativ, sporenlos, mit lebhafter Eigenbewegung und peritricher Begeißelung mit 8—12 Geißeln, auf künstlichen Nährboden oft zu längeren Fäden auswachsend. Den nahe verwandten Bazillen der Ruhrgruppe fehlt die Eigenbewegung. Auch in kultureller Beziehung ist kein einziges Merkmal für sich allein zur Differentialdiagnose ausreichend, wohl aber das Zusammentreffen mehrerer solcher Merkmale, die in erster Linie auf den Unterschieden des Gärvermögens der einzelnen Arten gegenüber verschiedenen Zuckerarten beruhen und aus nebenstehender Tabelle ersichtlich sind.

Auf Agar und in Nährbouillon sind überhaupt keine Wachstumsunterschiede zu konstatieren, höchstens daß Bact. coli und auch manche Paratyphus B-Stämme etwas dickere, weniger durchscheinende Oberflächenkulturen bilden. Indolbildung fehlt bei Typhus-, Paratyphus A- und B-, sowie Gärtner-, Alcaligenesbazillen und Kruse-Shiga-Ruhrbazillen, ist dagegen bei Pseudodysenteriebazillen und bei Bact. coli meist (aber nicht immer!) vorhanden. Die Form der oberflächlichen Kolonien auf Gelatineplatten zeigt manche, aber nicht immer deutlich ausgesprochene Unterschiede; die Kolonien des Typhusbazillus sind ebenso wie die des Kruse-Shigaschen Ruhrbazillus weinblattartig mit gezacktem Rand und deutlicher Rippenzeichnung; bei den anderen Angehörigen der Gruppe sind die Konturen mehr gerundet und die Zeichnung entweder gar nicht vorhanden, oder sehr fein verzweigt. Die Gelatineplatten kommen für die praktische Typhusdiagnose überhaupt nicht mehr in Betracht, einerseits wegen der zu langsamen Entwicklung, andererseits wegen der Gefahr der Verflüssigung des Nährbodens durch Begleitbakterien. Endlich ist auch das früher als besonders charakteristisch bezeichnete Wachstum des Typhusbazillus auf Kartoffeln in Form eines farblosen feuchten Anflugs („unsichtbarer Rasen") im Gegensatz zu den graugelblichen bis bräunlichen Belag der Paratyphus B-, Coli- und Alcaligenesbazillen als praktisches Merkmal für die Differentialdiagnose nicht verwertbar, da es durchaus nicht auf allen Kartoffelsorten in gleicher typischer Weise auftritt und zudem die Paratyphus A-, sowie die Ruhr- und Pseudodysenteriebazillen ganz ähnliches Wachstum zeigen.

In der Regel genügt die Feststellung des Verhaltens auf den zur Herauszüchtung in Plattenkulturen verwendeten gefärbten Nährböden (Drigalski-Conradi- oder Endo-Agar) einerseits und der Kulturen in Röhrchen in Lackmusmolke und Neutralrot-Traubenzucker-Agar (sogenannte „kleine bunte Reihe") andererseits.

Lackmusmolke bezieht man am besten fertig von der Firma C. A. F. Kahlbaum, Berlin-Adlershof.

Bereitung des Neutralrotagars: Zu 100 ccm 0,5%igem Nähragar — (diese geringe Konzentration, um in Schüttelkulturen die charakteristischen Veränderungen deutlich hervortreten zu lassen!) — setze man einerseits 0,3 g Traubenzucker, in etwa 5 ccm destilliertem Wasser gelöst und andererseits 1 ccm einer kalt gesättigten wässerigen Lösung von Neutralrot; beide letztgenannten Lösungen werden zwecks Sterilisation vorher einige Minuten gekocht.

Selten ist es erforderlich, zur Identifikation noch andere Nährböden (Bouillon, Milch und andere gefärbte Nährflüssigkeiten, Barsiekow-Lösungen I und II, Glyzerin-Fuchsin-Lösung nach Stern, Mannit-Nutrose-Lösung nach Hetsch, Löfflers Grünlösungen) (in der sogenannten „großen bunten Reihe") heranzuziehen.

Betreffs der Bereitung der Barsiekow-Lösungen I und II, die Glyzerin-Fuchsinlösung nach Stern und der Mannit-Nutroselöung nach Hetsch, die sämtlich in erster Linie für die Paratyphus- und Fleischvergifterdiagnose in Betracht kommen, im Artikel von Standfuß, Bakteriologische Fleischuntersuchung in Bd. 2, S. 691 dieses Handbuches.

Bereitung der Löfflerschen Grünlösungen I („Typhuslösung"): Zu 3 ccm einer wässerigen Lösung, enthaltend 1% Nutrose, 2% Pepton, 1% Traubenzucker und 5% Milch-

Kulturelle Merkmale*) der Typhus-, Paratyphus-, Enteritidis-, Ruhr-, und Colibazillen.

	Typhusbazillus	Paratyphus-A-Bazillus	Paratyphus-B- und Gärtnerbazillus	Bact. coli (typische Eigenschaften)	Bac. lactis aërogenes	Bac. faecal. alcaligenes	Ruhrbazillus Kruse-Shiga	Pseudodysenteriebazillen
Eigenbewegung	+	+	+	+	—	+	—	—
v. Drigalski-Conradi-Agar	zart, blau, durchsichtig	zart, blau, durchsichtig	blau, saftig	rot, trüb	rot, trüb	blau, saftig	zart, blau durchsichtig	zart, blau durchsichtig
Endo-Agar	zart, farblos	zart, farblos	farblos	rot, undurchsichtig, a. d. Oberfl. Metallglanz	wie Bact. coli	farblos	zart, farblos	zart, farblos
Neutralrot-Traubenzucker-Agar	Wachstum ohne Gas und ohne Farbänderung	Gasbildung, gelbgrüne Fluoreszenz	wie Paratyphus A	wie Paratyphus öfters starke Entfärbung	wie Bact. coli	wie Typhusbazillen	wie Typhusbazillen	wie Typhusbazillen
Lackmusmolke	schwache Rötung u. Trübung	wie Typhus	zuerst rot und trüb, später Umschlag in blau	rot und stark trüb	wie Bact. coli	schwach trüb, blau	wie Typhusbazillen	wie Typhusbazillen
Milch	kein. Gerinnung	kein. Gerinnung	keine Gerinnung, später Aufhellung	Gerinnung	wie Bact. coli	keine Gerinnung ev. Aufhellung	kein. Gerinnung	keine Gerinnung
Barsiekow I	Rötung, Trübung	Rötung, Trübung	Rötung, Trübung	Rötung, Trübung, Gasbildung	Rötung, Trübung, Gasbildung	schwache Bläuung	Rötung	Rötung, Gerinnung
„ II	unverändert	unverändert	unverändert	Rötung, Gerinnung, Gasbildung	wie Bact. coli	schwache Bläuung	unverändert	unverändert
Lackmus-Mannit-Agar	Rötung	Rötung	Rötung	Rötung	Rötung	unverändert	„	Rötung
Löfflers Grünlösung I	Gerinnung	überstehende Flüssigkeit blau, Gerinnung Gasbildung	wie Paratyphus A	wie Paratyphus	wie Paratyphus	„	kein Wachstum	kein Wachstum
Löfflers Grünlösung II	unverändert	unverändert	Gelbgrün verfärbt	wie Grünlösung I	wie Grünlösung I	„	„ „	kein Wachstum

*) soweit nicht schon im Text beschrieben.

zucker (die Zuckerarten vorher getrennt sterilisieren, wie oben S. 524 erwähnt!), werden 3 ccm einer 2%igen Lösung von „Malachitgrün Nr. 120 Höchst“ und 1,6% Normalkalilauge zugefügt. II. („Paratyphuslösung“): Zu 3 ccm einer wässerigen Lösung, enthaltend Nutrose, Pepton und Milchzucker in den obigen Dosen, aber keinen Traubenzucker, werden 3 ccm der obigen Malachitgrünlösung und 1,5% Normalkalilauge zugefügt.

Der Tierversuch ist für die praktische Differentialdiagnose nicht brauchbar, da die bei einfacher Versuchsanordnung (intraperitonealer Verimpfung auf das Meerschwein) auftretenden Krankheitserscheinungen (Peritonitis und Septikämie) unspezifischer Natur sind und zahlreichen Arten dieser natürlichen Gruppen zukommen, und da andererseits die für Typhusbazillen charakteristischen Formen der Infektion, die dem klinischen Bilde des Abdominaltyphus beim Menschen ähneln (Infektion per os beim anthropoiden Affen, Verimpfung in die Gallenblase beim Kaninchen), für die Zwecke der Untersuchungstechnik zu umständlich sind und vor allen Dingen viel zu langsam ablaufen.

Dagegen arbeiten die serologischen Untersuchungsmethoden einfach, rasch und sicher, so daß sie die ganze Technik beherrschen, vor allem in Gestalt der Identifizierung der verdächtigen Kultur durch Agglutination mittels eines hochwertigen zuverlässigen Immunserums*), eventuell auch durch Anwendung bakteriolytischer Immunsera, sei es im Pfeifferschen Versuch (vgl. Bd. 1, S. 817ff.) oder im bakteriologischen Reagenzglas- und Plattenversuch (vgl. in Bd. 1, S. 518ff.). Auch die serologische Untersuchung für sich allein kann bei der Typhusdiagnose im Stich lassen, infolge der nachher zu besprechenden Schwierigkeiten durch Mitagglutination, Paragglutination oder Inagglutinabilität (vgl. in Bd. 1, S. 524ff. und 530ff.), in solchen Fällen führt aber dann die (nie zu unterlassende!) Zusammenarbeit morphologisch-kultureller Untersuchung mit den serologischen Methoden zum Ziel, selbst bei den seltenen Fällen weitgehender Variantenbildung. Nach diesen Gesichtspunkten gestaltet sich die bakteriologische Typhusdiagnose in der Praxis folgendermaßen:

Vor allem kommt es darauf an, besonders bei Herauszüchtung von Typhusbazillen (und den verwandten Erregern aus der Paratyphus- und Enteritidis-Gruppe) aus Bakteriengemischen, z. B. aus Fäzes, eine rasche vorläufige Erkennung der verdächtigen Kolonien inmitten der meistens viel größeren Zahl der banalen Darmbakterien (Bact. coli u. u.) zu ermöglichen. Da auf den gewöhnlichen sonst zur Reinzüchtung verwendeten Nährböden, insbesondere auf Agarplatten, eine solche sichere Unterscheidung nicht möglich ist, so benutzt man zur raschen vorläufigen Orientierung elektive Nährböden, in erster Linie den Fuchsin-Sulfit-Milchzucker-Agar nach Endo oder den Lackmus-Nutrose-Milchzucker-Agar nach v. Drigalski-Conradi, betreffend deren Zubereitung vgl. in Bd. 2, S. 686. Beide genannte Nährböden beruhen auf dem verschiedenen Verhalten der Typhus-, Paratyphus- und Gärtner-Bazillen einerseits und dem Bact. coli andererseits gegenüber dem Milchzucker; letzterer wird durch das Bact. coli vergoren, durch die genannten Krankheitserreger aber nicht; die bei der Milchzuckervergärung entstehenden Stoffwechselprodukte bringen durch Reaktion mit den im Nährboden enthaltenen Farbstoffen charakteristische Veränderungen hervor, so daß die Kolonien der betreffenden Mikroben deutliche Farbunterschiede zeigen. Normalerweise erreichen die Typhuskolonien in 24 Std. einen Durchmesser von etwa 3—4 mm; selten beobachtet man kleine, tautropfenartige Kolonien (Zwergwuchs).

*) Selbstverständlich darf zur Identifizierung verdächtiger Kulturen mittels serologischer Verfahren nicht etwa das Patientenserum verwendet werden, da eine positive Agglutination mit diesem Serum nichts über die Natur der geprüften Kolonien aussagen würde, sondern einfach ihre Erklärung darin läge, daß jeder beliebige Erreger mit dem Serum des von ihm infizierten Organismus reagiert, so z. B. ebenso wohl Typhusbazillen, wie Paratyphus- oder Ruhr- oder selbst Colibazillen.

Auf dem v. Drigalski-Conradi-Nährboden erscheinen die Typhus-, Paratyphus- und Gärtner-Kolonien blau und durchsichtig, d. h. in der unveränderten Farbe des Nährbodens, die Coli-Kolonien rot und trüb, weil die bei der Milchzuckervergärung durch Coli entstehende Milchsäure Rötung des Lackmus und Ausfällung der Nutrose bewirkt. Auf dem Endo-Agar erscheinen die Typhus-, Paratyphus- und Gärtner-Kolonien hell, d. h. lassen die Farbe des Nährbodens unverändert, die Coli-Kolonien hingegen dunkelrot, meist sogar mit dem für das Fuchsin charakteristischen Metallglanz in auffallendem Licht, weil durch den bei der Milchzuckervergärung freiwerdenden Aldehyd das Fuchsin aus der farblosen Fuchsin-Sulfitverbindung regeneriert wird. Da bei Verwendung künstlicher Beleuchtung die Farbenunterschiede auf dem Endo-Agar viel deutlicher hervortreten als auf dem v. Drigalski-Conradi-Agar, wird der erstere jetzt meist für die Typhus-Paratyphus-Diagnose bevorzugt. Der Endo-Agar darf allerdings nicht längere Zeit dem Lichte, selbst nicht dem diffusen Tageslichte, ausgesetzt

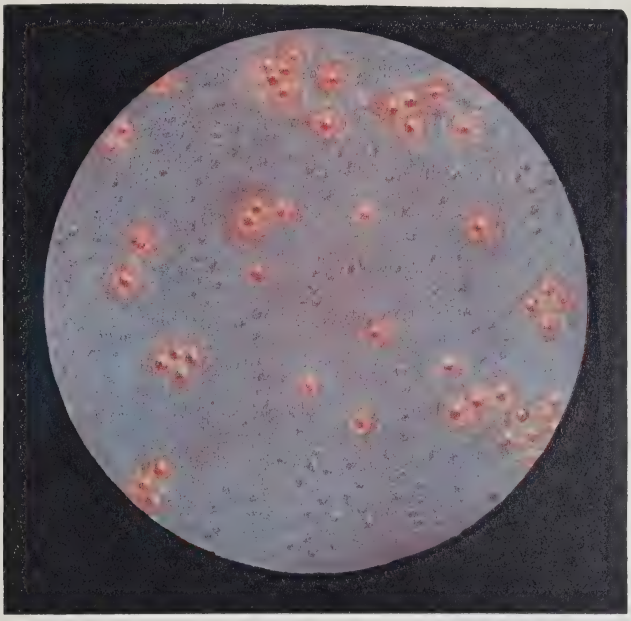


Fig. 13. Typhuskolonien (blau) und Colikolonien (rot) auf Drigalski-Conradi-Agar. Aus Friedberger u. Pfeiffer, a. a. O. S. 540. Natürl. Größe.

werden, weil er sich sonst schon an sich rot färbt. Betreffs anderer auf analogen Farbumschlägen beruhenden Nährböden, die aber gegenüber den beiden genannten keine wesentlichen Vorteile bieten, vgl. in Olsens Bakteriolog. Taschenbuch, 28. Aufl., S. 501f.

Außer den soeben besprochenen Spezialnährböden, deren Anwendung die sofortige Unterscheidung verdächtiger Kolonien inmitten anderer von vornherein unverdächtiger durch Farbunterschiede ermöglicht, sind dann noch elektive Züchtungsverfahren zu nennen, die entweder für eine wirkliche Anreicherung der Typhusbazillen (und der verwandten Paratyphus- und Enteritidis-Erreger) günstige Bedingungen bieten, oder in indirektem Sinne, indem in Bakteriengemischen (Fäzes) die banalen Begleitbakterien durch gewisse schädigende Stoffe des Nährbodens zurückgedrängt werden, gegenüber denen diese Begleitbakterien empfindlicher sind als die Krankheitserreger der Typhus-Paratyphus-Gruppe. In ersterer Beziehung ist die Anreicherung in Galle zu nennen, die für die Typhus-

bazillen und ihre pathogenen Verwandten sowohl im lebenden Organismus wie bei künstlicher Züchtung ein besonders zusagendes Medium darstellt und überall da zur Anwendung gelangt, wo es sich darum handelt, vereinzelte Typhusbazillen zum Wachstum zu bringen, vor allem für die Züchtung aus dem Blute des Kranken, aber für Bakteriengemische (Fäzes) versagt, weil auch die Begleitbakterien (Bact. coli) in der Gallenflüssigkeit üppig gedeihen. Zur Zurückdrängung dieser anderen Bakterien, vor allem für die Züchtung aus Fäzes, haben sich in erster Linie gewisse organische Farbstoffe bewährt.

Diesem Zweck dient der Zusatz von Kristallviolett zum Drigalski-Conradischen Nährboden (vgl. oben), durch das in erster Linie Kokken zurückgehalten werden; vor

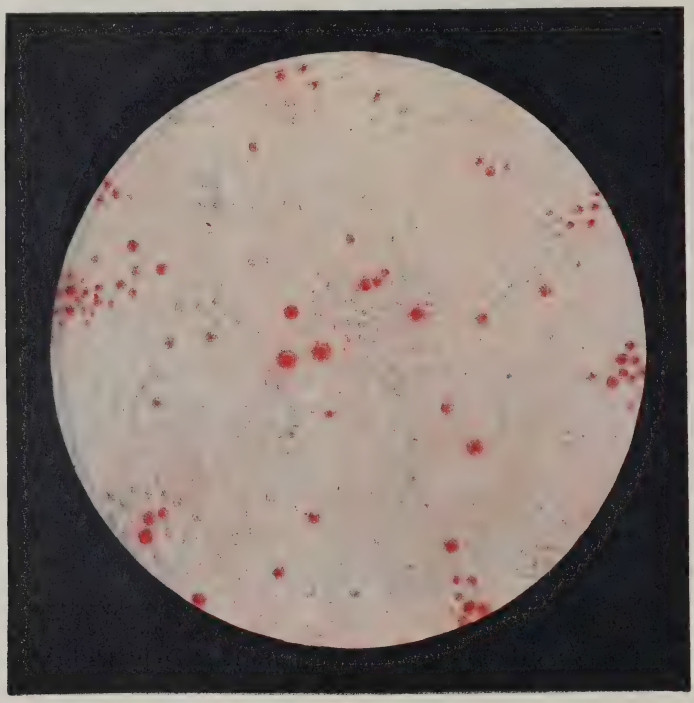


Fig. 14. Typhuskolonien (hell) und Colikolonien (dunkelrot) auf Endo-Agar. Aus Friedberger u. Pfeiffer, a. a. O. S. 540. Natürl. Größe.

allem ist hier das Malachitgrün zu nennen, das Bact. coli noch in Verdünnungen hemmt, die den Typhus- und Paratyphusbazillus nicht am Wachstum verhindern; allerdings verhalten sich einerseits verschiedene Malachitgrün-Präparate, andererseits verschiedene Colistämme darin verschieden, so daß am besten bei der Nährbodenbereitung in einem Vorversuch gegenüber mehreren Typhus- und Colistämmen diejenige zweckmäßigste Verdünnung des Farbstoffes (meist etwa 1 : 6000) ausprobiert wird, die gegenüber Coli stark entwicklungshemmend wirkt und Typhus- sowie Paratyphusbazillen unbeeinflußt läßt. Auch versäume man nie, neben dem Malachitgrünnährboden noch direkt auf anderen Nährböden zu züchten, weil z. B. bei Typhusbazillen, die schon in ihrer Widerstandskraft ungünstig beeinflußt waren, mit der Möglichkeit zu rechnen ist, daß ihr Wachstum durch das Malachitgrün ganz unterdrückt werden könnte. Am besten hat sich der Malachitgrünagar nach Lentz und Tietz bewährt, der folgendermaßen bereitet wird. Chemisch reines „Malachitgrün kristallisiert extra“ (Höchst) wird in destilliertem Wasser gelöst und von dieser Lösung die im Vorversuch ermittelten Mengen neutralem Agar — (da das Malachitgrün durch Soda zersetzt wird) — hinzugefügt.

Im einzelnen erfolgt die bakteriologische Untersuchung auf Typhus nach den angegebenen Grundsätzen und technischen Verfahren folgendermaßen:

I. Züchtung der Typhusbazillen aus dem Blut des Kranken (positive Ergebnisse in den ersten 2 Krankheitswochen in fast 100% der Fälle): 10—20 ccm Blut werden mittels steriler Spritze aus der Armvene entnommen und sofort in Gallenflüssigkeit oder noch besser in ein Gemisch von Galle und Nährbouillon zu gleichen Teilen (P. Schmidt) eingeführt. Starkwandige Glasröhrchen, mit dichtschließendem Stopfen, gefüllt mit dieser Nährflüssigkeit, sind in den Apotheken oder sonstigen Niederlagen der Geräte für bakteriologische Diagnostik zu haben. Das so beschickte Röhrchen wird schleunigst dem nächsten bakteriologischen Untersuchungsamt zugesandt und dort bei 37° bebrütet. Schon nach 6 Std. gelingt es öfters, in anderen Fällen allerdings erst nach 24—48 Std. unter Umständen sogar erst nach mehreren Tagen, durch Aussaat aus dem Blut-Galle-Bouillon-Gemisch auf Endo-Agar verdächtige helle Kolonien zu gewinnen, von denen bei positivem Ausfall der orientierenden Agglutination auf dem Objektträger mit hochwertigem Immunserum (Bd. 1, S. 526) einerseits die „kleine bunte Reihe" (Neutralrotagar und Lackmusmolke), andererseits eine Agarschrägkultur zur quantitativen Auswertung der Agglutination (vgl. Bd. 1, S. 528f.) angelegt wird. Stimmen die kulturellen Merkmale mit denen eines typischen Typhusbazillus überein, so ist bei gleichzeitigem positivem Ausfall der Agglutination die Diagnose gesichert; bleibt der Grenzwert der Agglutination weit hinter dem Titer des Immunserums zurück, so liegt bei typischem kulturellen Verhalten in der kleinen bunten Reihe ein schwer agglutinabler oder inagglutinabler Typhusstamm vor, dessen Identifikation bei eventueller Variantenbildung durch das Verhalten in der großen bunten Reihe (vgl. oben S. 536) und vor allem durch den Castellanischen Absorptionsversuch (Bd. 1, S. 530f.) und kreuzweise Immunisierung (Bd. 1, S. 500f.) sichergestellt werden kann. Oft gewinnen solche „serumfesten" Kulturen ihre normale Agglutinierbarkeit rasch zurück, wenn man sie in kurzen Zeitabständen, etwa alle 12 Std., mehrmals hintereinander auf Agar überimpft. Mitagglutination und Paragglutination können ebenfalls durch den Vergleich des kulturellen und serologischen Verhaltens ausgeschaltet werden; ist z. B. die kleine bunteReihe typisch für Paratyphus B und ergibt sich bei der quantitativen Austitrierung der Agglutination ein weit höherer Grenzwert mit Paratyphus-B-Immunserum als mit den anderen Immunsera, so liegt ein Stamm von Paratyphus B vor. Ist das kulturelle Verhalten endlich ganz im Widerspruch mit der Norm oder liegen gar Kokken statt Bazillen vor, so ist ein etwaiger positiver Ausfall des Agglutinationstests auf Paragglutination zu beziehen, die meist auch rasch nach einigen Überimpfungen verschwindet.

Einen speziellen Fall des Züchtungsverfahrens des Typhusbazillus aus dem Patientenblut stellt die Züchtung aus den Typhusroseolen dar, die bei Untersuchung frischer Roseolen in etwa 75% der Fälle positive Ergebnisse liefert; die Typhus-Roseolen stellen ja nichts anderes als Herde dar, die durch Embolie von Typhusbazillen in der Haut entstanden sind. Nur muß man den Kunstgriff anwenden (Neufeld), das bei der Inzision der Roseola hervorquellende Blut sofort in Nährlösung zu verbringen, um die in ihm enthaltenen Typhusbazillen vor den bei der Gerinnung in Wirksamkeit tretenden bakteriziden Stoffen des Blutes zu schützen; man bringt am besten schon vor der Inzision der Roseola einen Tropfen Bouillon auf die Haut und sticht erst dann durch diesen Tropfen hindurch ein, so daß das Blut sich sogleich mit der Nährflüssigkeit mischt; von dem so beschickten Tropfen wird sofort auf Kulturplatten abgeimpft und die angegangenen Kolonien, wie oben beschrieben, weiter untersucht.

Bei der bakteriologischen Untersuchung von Typhusleichen sät man aus der Milz direkt auf feste Nährböden aus und erhält so fast regelmäßig positive Ergebnisse. In gefärbten Schnittpräparaten kann man die in der Milz befindlichen Typhusbazillennester schon bei schwacher Vergrößerung als intensiv gefärbte Flecken erkennen, die sich bei Betrachtung mit der Immersionslinse als aus unzähligen dichtgedrängten Typhusbazillen zusammengesetzt erweisen. Die Auffindung dieser Herde wird erleichtert, indem man die zu untersuchenden Milzstückchen vorher 8—12 Stunden bei 37° bebrütet und dadurch eine Anreicherung der Typhusbazillen erzeugt.

II. Züchtung der Typhusbazillen aus dem Fäzes (positive Ergebnisse erst von der 3. Krankheitswoche ab und auch dann nur in höchstens 20—30% der Fälle zu erwarten!): Eine etwa erbsengroße Menge der Fäzes wird mit Bouillon innig verrieben und mittels des sogenannten Drigalski-Spatels (eines rechtwinklig abgebogenen, am Ende rund abgeschmolzenen Glasstabes, im Trockenschrank oder durch Auskochen zu sterilisieren) möglichst gleichmäßig in abgestuften Verdünnungen auf Endo- oder Drigalski-Conradi-Agarplatten ausgestrichen; um gut isolierte Kolonien zu erhalten, sollen die mit dem Nährboden beschickten Schalen zunächst vor der Beimpfung, geschützt vor Fliegen und Staub, etwa ½ Std. und dann nach der Aussaat wieder ¼ Std. offen stehen, um das Kondenswasser zu verjagen; gerade für die Typhusdiagnose ist es auch noch mehr als sonst dringend notwendig, die beschickten Platten mit dem Deckel nach unten im Brutschrank aufzubewahren, damit allfällig entstehendes Kondens- oder Quetschwasser sich im Deckel sammelt und ein Zusammenfließen der Kolonien auf der Oberfläche des Nährbodens vermieden wird. Untersuchung der nach 16—24 Std. aufgegangenen verdächtigen Kolonien wie oben: zunächst orientierende Agglutination, dann Abimpfung auf die kleine bunte Reihe und Austitrierung des spezifischen Agglutinationstiters.

Neben dieser direkten Aussaat des typhusverdächtigen Stuhls verwendet man zweckmäßig das Anreicherungsverfahren auf dem oben besprochenen Malachitgrünagar, der in derselben Weise in Plattenkulturen, wie soeben für Endo- und Drigalski-Conradi-Agar beschrieben, mit Aufschwemmung von Typhusstuhl beschickt wird. Nach 24stündiger Bebrütung bei 37° werden die Malachitgrünagarplatten (auf denen häufig mit bloßem Auge kaum sichtbares Wachstum) mit steriler 0,85%iger Kochsalzlösung bedeckt, etwa 15 Minuten stehen gelassen, dann etwas geneigt und nach weiteren 15 Minuten von der Oberfläche der die Platte bedeckenden Flüssigkeitsschicht abgeimpft und auf Endo- bzw. Drigalski-Conradi-Agarplatten übertragen und die nach weiteren 24 Stunden auf letzteren Nährböden angegangenen verdächtigen Kolonien serologisch und kulturell weiter untersucht. Da die auf Malachitgrünagar gewachsenen Typhus- und Paratyphus-Kolonien sich viel leichter vom Nährboden abheben lassen, als die ohnehin in ihrer Entwicklung gehemmten Colikolonien (vgl. oben S. 540), so erreicht man durch das soeben beschriebene Verfahren der Abschwemmung eine weitere Anreicherung der Typhusbazillen.

III. Die Züchtung der Typhusbazillen aus dem Urin des Erkrankten gelingt besonders während der Zeit der Genesung, in der etwa von der 3.—4. Krankheitswoche ab bei ungefähr 30% aller Kranken Ausscheidung von Typhusbazillen durch den Urin, oft in Reinkultur und in ganz ungeheuren Mengen stattfindet. Man verfährt wie bei der soeben beschriebenen Untersuchung der Fäzes, indem man entweder den Bodensatz des zentrifugierten Urins verwendet oder mehrere Kubikzentimeter Urin auf der Oberfläche der Endo- oder Drigalski-Conradi-Platten, eventuell durch Austrocknen beim Stehen an der Luft oder im Faust-Heimschen Apparat (Bd. 1, S. 438f.) zur Aussaat bringt.

Da, wie oben S. 535 erwähnt, die Untersuchung von Stuhl und Urin auf Typhusbazillen nur in einer Minderzahl von Fällen gelingt, schon wegen der Konkurrenz der Darmbakterien, und überdies die Ausscheidung der Erreger oft nur schubweise erfolgt, so hat der negative Ausfall der Stuhl-

und Urinuntersuchung, besonders einer einzelnen solchen Untersuchung, viel weniger beweisenden Wert im Sinne der Ausschließung der Typhusdiagnose als bei der oben beschriebenen Züchtung von Typhusbazillen aus dem Blute; stets sollte die Untersuchung von Stuhl und Urin wiederholt werden, insbesondere ist gesetzlich vorgeschrieben, bei den Nachuntersuchungen eines Typhuskranken, die zwecks Aufhebung der Isolierung angestellt werden, mindestens 2 Proben, im Abstand von etwa 5 Tagen entnommen, zu verarbeiten. Vor allem bei Typhusbazillen-Dauerausscheidern ist mit schubweiser Ausscheidung der Erreger und unter Umständen längeren freien Zwischenzeiten zu rechnen, wahrscheinlich, weil die geschwürigen Herde in den Gallen- (seltener in den Harn-) Wegen zeitweise sich schließen und dann wieder aufbrechen. Man überzeuge sich stets, daß die entnommenen Proben von Stuhl und Urin wirklich von der verdächtigen Person stammen und daß nicht etwa betrügerischerweise Unterschiebung fremder Proben stattgefunden hat; vgl. Bd. 1, S. 497. Die neueren gesetzlichen Bestimmungen in Deutschland geben die Möglichkeit, eine auf latente Ausscheidung von Typhusbazillen verdächtige Person zwecks einwandfreier Entnahme von Proben auf einige Tage in ein Krankenhaus aufzunehmen. Am sichersten erfolgt die Untersuchung des Darminhalts bzw. der Gallenflüssigkeit durch Entnahme mittels der Duodenalsonde (vgl. Bd. 1, S. 496). Durch einen mehrstündigen Transport der Proben nach dem Untersuchungsamt tritt eine Beeinträchtigung der Lebensfähigkeit der Typhusbazillen nicht ein.

IV. In den seltenen Fällen, in denen die Züchtung von Typhusbazillen aus Sputum und Eiter erfolgen müßte, wäre genau nach den Vorschriften unter III. zu arbeiten.

V. Die Prüfung des Blutserums des Patienten auf spezifische gegen den Typhusbazillus gerichtete Agglutination (Gruber-Widalsche Reaktion) wird mit guter Aussicht auf positive Ergebnisse vom Ende der 2. Krankheitswoche ab angestellt. Betreffs der Entnahme des Blutes vgl. Bd. 1, S. 491f.; betreffs der Technik dieser Seroreaktion vgl. Bd. 1, S. 531; betreffs ihrer Bewertung ebenda S. 533f. Der positive Ausfall der Gruber-Widalschen Reaktion ist (unter Beobachtung der sogleich zu besprechenden Fehlerquellen) für Typhus beweisend in der Verdünnung von 1 : 100, verdächtig in der Verdünnung von 1 : 50. Im Verdachtsfalle, sowie bei Unstimmigkeiten zwischen der klinischen und der serologischen Beurteilung eines Falles ist die Prüfung mittels einer nach etwa 1 Woche erneut entnommenen Blutprobe zu wiederholen. Unbedingte Voraussetzung für das Gelingen der Gruber-Widalschen Reaktion ist die Verwendung einer einwandfreien, normal agglutinierenden Typhuskultur, die auch keine Spontanagglutination zeigen darf; Kontrollen einerseits mit zuverlässigem Typhusimmunserum, andererseits mit Kochsalzlösung und Normalserum! Da eine sehr häufige, z. B. täglich erfolgende Überimpfung der Typhuskulturen ihre Brauchbarkeit zur Anstellung der Gruber-Widalschen Reaktion ungünstig beeinflussen kann, empfiehlt es sich, in großen Untersuchungsämtern, wo täglich frische Kulturen benötigt werden, nach Ablauf je einer Woche immer wieder auf die Ausgangskultur zurückzugreifen. Abgesehen von der Verwendung ungeeigneter Kulturen sind auch folgende Fehlerquellen bei der Gruber-Widalschen Reaktion zu berücksichtigen:

Negative Befunde trotz bestehender Typhuserkrankung können vorkommen: 1. bei bestimmten Individuen, die nur verspätet oder überhaupt nicht Typhusagglutinine in ihrem Blut produzieren; die Prüfung ist zu wiederholen; 2. durch Gehalt des Patienten-

serums an agglutinationshemmenden Stoffen (Agglutinoiden); dann ist auch durch den Castellanischen Absorptionsversuch (vgl. Bd. 1, S. 530f.) der Beweis zu erbringen, daß das Patientenserum die Typhusbazillen, wenn auch nicht ausflockt, so doch bindet. Ein Gehalt des Serums an agglutinationshemmenden Stoffen neben Agglutinen kann sich äußern in Form der sogenannten „paradoxen Reihe" (vgl. Bd. 1, S. 526), in der die Verklumpung in höherer Konzentration des Serums ausbleibt oder doch schwächer ausfällt als in stärkeren Verdünnungen.

Unspezifischer oder doch ungenügend spezifischer Ausfall der Gruber-Widalschen Reaktion kommt meistens zeitweise, unter Umständen aber auch während der ganzen Erkrankungsdauer in dem Sinne zustande, daß das Patientenserum etwa ausschließlich oder doch überwiegend mit typhusähnlichen Bazillen, z. B. mit Paratyphus B- oder häufiger mit Gärtner-Bazillen reagiert. Solche heterologe Reaktionen erklären sich wohl in der Weise, daß der infizierte Organismus infolge eigenartigen Baues oder besonderer Verhältnisse der Avidität seines Rezeptorenapparates mit den gegenüber den heterologen Agglutinogenen abgestimmten Rezeptoren stärker reagiert als mit den dem Hauptagglutinogen entsprechenden. Gleichzeitige Agglutination mit zwei verschiedenen, einander nahestehenden Erregern, z. B. Typhus- und Paratyphusbazillen, kann übrigens nicht nur auf Gruppenreaktion, sondern auch auf Mischinfektion beruhen; zur Entscheidung kann auch hier der Castellanische Versuch herangezogen werden (vgl. hierüber Bd. 1, S. 530f.).

Positive Befunde der Gruber-Widalschen Reaktion bei Fehlen der spezifischen Erkrankung sind darauf zurückzuführen, daß der Patient, der zur Zeit von einer ganz anderen Infektionskrankheit befallen ist, die mit der Typhusgruppe nichts zu tun hat (z. B. Pneumonie), früher einmal Typhus durchgemacht hat oder der Schutzimpfung gegen Typhus unterworfen gewesen war; solche Fälle kommen also besonders häufig bei Kriegsteilnehmern vor. Die diagnostische Verwertbarkeit der Gruber-Widalschen Reaktion für die zur Zeit vorliegende Erkrankung ist natürlich in solchen Fällen sehr in Frage gestellt. Auch wenn während dieser Erkrankung, etwa im Abstand von 8 Tagen, der Ausfall der Gruber-Widalschen Reaktion zuerst negativ und dann positiv war oder von einem geringen zu einem hohen Titer anstieg, beweist das noch nicht, daß die gegenwärtig vorliegende Erkrankung wirklich Typhus ist, da ein früher bestandenes aber inzwischen stark vermindertes oder erloschenes Agglutinationsvermögen durch den unspezifischen Reiz der jetzigen ganz andersartigen Infektion (Pneumonie) reaktiviert werden kann; vgl. über diese von Conradi und Bieling als anamnestische Reaktion bezeichnete Erscheinung in Bd. I, S. 533. —

Für die **epidemiologische Erforschung** des Typhus gilt hier, wie bei vielen anderen Infektionskrankheiten, in erster Linie der Satz, daß in der großen Mehrzahl der Fälle die Kontaktinfektion seitens des Erkrankten oder Bazillenträgers die wichtigste Ansteckungsquelle darstellt (vgl. Bd. 1, S. 565), nach den Erfahrungen im früheren Typhusbekämpfungsgebiet im Südwesten des Deutschen Reiches etwa in 90% aller Fälle. Der Laie, und selbst mancher Arzt, ist nur zu sehr geneigt, diese wichtigste Ansteckungsquelle zu übersehen und statt dessen ohne genügende Gründe eine Infektion seitens unreinen Wassers, Genuß verunreinigter Nahrungsmittel oder dgl. anzunehmen. Gewiß kommen derartige Trinkwasser- und Nahrungsmittelepidemien (besonders solche durch Milchinfektion) vor und sind wegen der gleichzeitigen Beteiligung einer größeren Zahl von Personen, die durch ein solches gemeinsames Vehikel infiziert worden waren, besonders verhängnisvoll, ja können einen geradezu explosiven Verlauf zeigen; vgl. betreffs der Kriterien, die für die Annahme einer solchen Wasser- oder Nahrungsmittelepidemie erfüllt sein müssen, im Abschnitt „Epidemiologische Methoden" in Bd. 1, S. 567ff. Wenn in Laienkreisen

die Annahme einer Ansteckung von Mensch zu Mensch in vielen Fällen geradezu unpopulär ist, so liegt das daran, daß diese Deutung eine Reihe von Unbequemlichkeiten (Ermittelungsverfahren, Isolierung verdächtiger Personen u. a.) für das Publikum mit sich bringt, die bei Annahme einer Entstehung der Epidemie durch Wasser- oder Nahrungsmittelinfektion wegfallen. Und wenn auch von ärztlicher Seite die Bedeutung der Kontaktinfektion vielfach unterschätzt wird, so ist die Ursache darin zu suchen, daß die Ermittelung der Ansteckungsquelle in Gestalt eines infizierten Menschen bei rein klinischer Betrachtungsweise oft auf die größten Schwierigkeiten stößt oder ganz unmöglich wird, weil sehr viele Typhusfälle in so leichter oder atypischer Form verlaufen, daß sie der rein klinischen Diagnose entgehen; insbesondere gilt dies vom Typhus im Kindesalter. Vollends die Bazillenträger mußten der rein klinischen Beobachtung entgehen, und es war erst der Anwendung der bakteriologischen Untersuchung vorbehalten, hier Klarheit zu schaffen. Oft kann nur die systematische Durchuntersuchung der ganzen Umgebung des Typhuskranken, unter Umständen der ganzen Ortschaft, zum Ziele führen. Man wird hierbei auf jede unklare, besonders auf fieberhafte Erkrankungen, vor allem im Kindesalter achten und zwecks Ermittlung, ob überhaupt solche Erkrankungen vorlagen, die Listen der Schulversäumnisse und der Krankmeldungen bei den Krankenkassen einsehen.

Einige klinische Zeichen können zur nachträglichen Ermittelung abgelaufener Typhuserkrankungen führen, z. B. die Fragen nach Haarausfall oder nach auffallender Erholung mit vermehrter Eßlust nach überstandener Erkrankung; vor allem führt die auch bei Massenuntersuchungen leicht auszuführende Anstellung der Gruber-Widalschen Reaktion (für die die Entnahme weniger Bluttropfen aus dem Ohrläppchen genügt) zur raschen und sicheren Ermittelung abgelaufener, unerkannt gebliebener, selbst leichtester Erkrankungen; von den positiv reagierenden Personen werden dann Stuhl- und Urinproben untersucht, um festzustellen, ob sie Bazillenträger sind. Die neueren in Deutschland geltenden gesetzlichen Bestimmungen geben die Möglichkeit an die Hand, solche Personen zwecks einwandfreier Probeentnahme und Feststellung ihrer eventuell noch bestehenden Ansteckungsfähigkeit auf einige Tage im Krankenhaus unter Beobachtung zu stellen. Zwecks nachträglicher Feststellung des Typhusverdachts bei gestorbenen Personen ist sogar die Möglichkeit der Vornahme der Exhumation zwecks Obduktion und bakteriologischer Untersuchung der Leichenteile vorgesehen.

Die wichtigste Aufgabe des praktischen Hygienikers in der Erforschung des Typhus besteht in der Ermittelung etwa vorhandener Dauerausscheider. Vom epidemiologischen Standpunkt aus wird dieser Verdacht dann ausgesprochen werden müssen, wenn die Typhusfälle, die an demselben Orte zu verschiedenen Zeiten vorkommen, Beziehungen zu einem gemeinsamen Infektionszentrum, etwa einem bestimmten Gehöft oder einer Familie oder sogar einer ganz bestimmten Person, zeigen; früher glaubte man in solchen Fällen, den Typhus auf bestimmte eng begrenzte örtliche Ursachen zurückführen zu dürfen, z. B. auf fehlerhafte Brunnen- oder Abortanlagen, während wir heute wissen, daß die Konservierung und Vermehrung des Virus nicht in der unbelebten Außenwelt, sondern im latent infizierten Menschen selbst zustande kommen. Daß der endemische Typhusherd nicht an der Örtlichkeit, sondern an einer bestimmten Person haftet, ergibt sich manchmal allerdings einwandfrei schon aus der genauen epidemiologischen Beobachtung, z. B. wenn beim Umzug eines Internats der Typhus aufs neue am anderen Orte ausbricht, oder wenn, wie es tatsächlich vorgekommen ist, der Typhus sich an die Fersen einer ganz bestimmten Person heftet, z. B. einer Köchin, die im Laufe eines Jahrzehnts mehrfach ihre Stellung wechselt und an jedem neuen Orte ihrer Tätigkeit

zur Entstehung neuer Typhuserkrankungen Anlaß gibt. Hier seien noch einige epidemiologische Tatsachen erklärt, die zunächst mit der ursächlichen Rolle eines Dauerausscheiders schwer vereinbar zu sein scheinen: Erstens, daß die Ansteckungsfähigkeit des Dauerausscheiders ohne merkliche Änderung der äußeren Verhältnisse zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden ist, unter Umständen jahrelang keine Infektionen erfolgen und dann wieder plötzlich ein epidemischer Ausbruch von ihm ausgeht; dies erklärt sich durch die, auch im Laufe wiederholter bakteriologischer Untersuchungen bestätigte Erfahrung der schubweisen Ausscheidung der Typhusbazillen mit längeren freien Intervallen. Zweitens, daß gerade die nächste Umgebung, z. B. die engere Familie, die mit dem Dauerausscheider in stetem Kontakt lebt, verschont bleibt, während neu Zugezogene rasch der Ansteckung unterliegen; dieses eigentümliche von Frosch als regionäre Immunität bezeich-

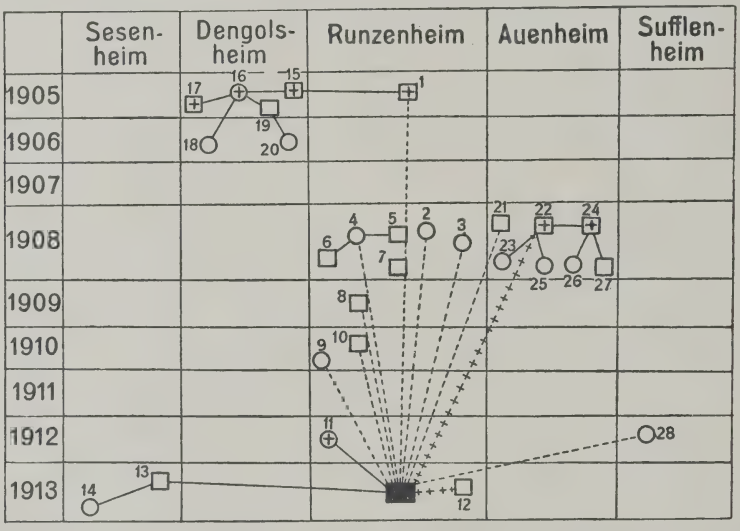


Fig. 15. Kontaktinfektionen seitens eines Dauerausscheiders (aufgefunden im Jahre 1913). Aus Friedberger u. Pfeiffer, a. a. O. Bd. 2, Fig. 13, S. 581.

nete Verhalten findet seine Erklärung wohl darin, daß innerhalb des Kreises der ortsansässigen Personen bereits eine Durchseuchung, eine Auslese der empfänglichen Individuen stattgefunden hat, während Zugezogene die normale höhere Empfänglichkeit gegenüber der Infektion aufweisen. Abgesehen von den epidemiologischen Hinweisen, die ein Individuum als Dauerausscheider verdächtig erscheinen lassen, kommen noch folgende klinische Verdachtsmomente hinzu: Anamnestische Daten betreffs früheren Überstehens einer unter Umständen jahrzehntelang zurückliegenden verdächtigen Erkrankung, unklare Symptome von seiten des Verdauungstraktus, insbesondere Gallenbeschwerden (Gallensteine u. dgl.), vor allem bei älteren Personen weiblichen Geschlechts. Der positive Ausfall der Gruber-Widalschen Reaktion ist natürlich sehr verdächtig; doch kann dieser serologische Nachweis bei Dauerausscheidern auch völlig versagen; manchmal gelingt es, ein positives Ergebnis nur gegenüber bestimmten Typhusstämmen zu erhalten. Ausschlaggebend für die endgültige Feststellung einer Person als Dauerausscheider ist der positive Nachweis von Typhusbazillen im

Stuhl (seltener im Urin), der allerdings manchmal erst nach öfteren negativ verlaufenen Untersuchungen erbracht werden kann.

Der Nachweis der Ansteckungsquelle des Typhus im Wasser oder in Nahrungsmitteln (Milch) wird in erster Linie und in den meisten Fällen allein durch epidemiologische Untersuchung geführt, während der direkte bakteriologische Nachweis meist versagt. Die Ursache hierfür liegt, abgesehen davon, daß für die Auffindung vereinzelter Typhusbazillen kein so empfindliches Anreicherungsverfahren zur Verfügung steht wie etwa für Choleravibrionen (vgl. S. 585ff.), vor allem darin, daß bei der ziemlich langen Inkubationszeit und dem langsamen Beginn des Typhus meist schon längst das infizierte Wasser oder Nahrungsmittel verbraucht ist und sich demnach dem Nachweis entzieht oder doch die Typhusbazillen darin bereits abgestorben sind, bevor überhaupt der Verdacht sich auf diese Form der Ansteckung gerichtet hat. Am ehesten besteht noch Aussicht, die Typhusbazillen in stagnierendem Wasser und Schlamm noch nach Wochen nachzuweisen, und so ist in der Tat im Bodensatz eines Brunnens oder in blind endigenden Rohrsträngen einer Wasserleitung einige Male der Nachweis von Typhusbazillen geglückt. Vor allem kommt es darauf an, möglichst große Mengen des verdächtigen Wassers zu verarbeiten, entweder indem man auf zahlreichen Endoplatten je 10 ccm Wasser im Faust-Heimschen Apparat (vgl. Bd. 1, S. 438f.) verdunsten läßt oder indem man den nach Filtration mehrerer Liter des verdächtigen Wassers durch bakteriendichte Filter (vgl. Bd. 1, S. 389ff.) auf diesen verbleibenden Rückstand mit einigen Kubikzentimetern Wasser aufschwemmt und auf Endoplatten ausstreicht oder endlich das durch Ausfällung des Wassers mit Eisensalzen gewonnene Sediment kulturell verarbeitet; auch die Anreicherung des durch Filtration oder chemische Fällung gewonnenen Rückstandes durch Zusatz von Galle und Peptonlösung ist mit Erfolg versucht worden. Trotz aller dieser Kunstgriffe gehören, wie gesagt, Fälle des gelungenen bakteriologischen Nachweises von Typhusbazillen in Wasser oder Nahrungsmitteln zu den großen Seltenheiten; meist wird man sich damit begnügen müssen, durch epidemiologische Erwägungen diese Art der Übertragung wahrscheinlich gemacht zu haben. Damit ist aber unsere Aufgabe noch nicht beendigt; es kommt dann noch darauf an, zu ermitteln, wie die Typhusbazillen in das Wasser oder die Nahrungsmittel gelangt sind, wobei man insbesondere bezüglich der Milchinfektion sein Augenmerk auf Bazillenträger lenken muß, die etwa im Betriebe beschäftigt sind. Bezüglich der Ansteckungswege, die zur Infektion des Wassers (Brunnen, Flußläufe, Filter, Wasserbehälter u. dgl.) führen, vgl. in Bd. 1, S. 810ff.

4. Paratyphus-A-Bazillus.

Erreger einer dem Abdominaltyphus klinisch und epidemiologisch sehr ähnlichen Erkrankung des Menschen, die besonders in Ländern der heißen Zonen vorkommt, in Deutschland vor dem Kriege recht selten war, jetzt allerdings infolge der in den Kriegs- und Nachkriegsjahren erfolgten häufigeren Einschleppung etwas öfter zur Beobachtung gelangt.

Die bakteriologische und epidemiologische Untersuchung erfolgt genau wie beim Abdominaltyphus. Der Paratyphus-A-Bazillus unterscheidet sich vom Typhusbazillus, dem er sonst sehr ähnelt, durch die Vergärung des Traubenzuckers und durch die Agglutination mit hochwertigen Immunseren; zwischen beiden Erregern besteht meist kaum oder nur geringe Rezeptorengemeinschaft. In epidemiologischer Beziehung ist auf etwaige Beziehungen zum Ausland zu achten; eine vor einigen Jahren in Süddeutschland vorgekommene Kontaktepidemie war auf einen Dauerausscheider zurückzuführen, der in Nordafrika seine Infektion erworben hatte. —

5. Paratyphus-B-Bazillen und Gruppen der Bacill. enteritidis Gärtner und Breslau.

Im Gegensatz zum Typhusbazillus und zum Paratyphus-A-Bazillus, die jeder eine einheitliche wohlcharakterisierte menschenpathogene Art darstellen, handelt es sich bei den Paratyphus-B- und Enteritidisbazillen um mindestens zwei natürliche Gruppen von Krankheitserregern, deren jede eine größere Zahl von Arten und Stämmen umfaßt, die zudem ziemlich

weitgehender Variabilität[1]) unterworfen sind und die als Erreger menschlicher und tierischer Infektionen auftreten. Beim Menschen treten zwei Hauptformen der Krankheitsbilder auf: einerseits die subakut verlaufende typhöse Form, die in klinischer und epidemiologischer Form dem Abdominaltyphus und dem Paratyphus A nahe steht, — andererseits die akute gastro-enteritische Form (manchmal der Cholera sehr ähnlich), bei der toxische Erscheinungen im Vordergrunde stehen und die daher als „Fleischvergiftung", „Nahrungsmittelvergiftung" oder dgl. bezeichnet wird. Welche dieser beiden Krankheitsformen zustande kommt, hängt sowohl von den Stammeseigentümlichkeiten des betreffenden Erregers als auch von der Virusmenge ab; werden auf einmal größere Mengen dieser Bazillen anläßlich einer Nahrungsmittelinfektion mit einer entsprechenden höheren Dosis des präformierten Giftes eingeführt, so kommt es zu einem akuten toxischen Krankheitsbilde mit Brechdurchfall, Hautausschlägen u. dgl., ist dagegen die Ansteckung durch Kontakt, also mit einer kleinen Menge des Virus erfolgt, wie das beim Kontakt von Mensch zu Mensch die Regel ist, so müssen diese vereinzelten Bazillen sich erst im Körper vermehren, und es kommt dann zu einer subakuten typhusähnlichen Form der Erkrankung.

Für die typhöse Form des Paratyphus B kommen in bakteriologischer und epidemiologischer Beziehung alle die Untersuchungsmethoden und Gesichtspunkte in Betracht, die wir beim Abdominaltyphus kennengelernt haben; bei der gastroenteritischen Form, die häufig — entsprechend der gemeinsamen Aufnahme des Virus durch eine größere Anzahl von Personen — in Form von Massenerkrankungen auftritt, spielt die Nahrungsmittelinfektion die beherrschende Rolle, die auch nach Aufnahme gekochter (oder gebratener) Speisen zustande kommen kann, wenn bei der Zubereitung der Speisen die Hitze ins Innere nicht genügend eingedrungen war und so, insbesondere in halbgar gekochten Speisen noch lebende Krankheitserreger erhalten geblieben sind. Die Krankheitserreger können in die gefährdeten Nahrungsmittel auf 2 Wegen gelangen: entweder durch Kontaktinfektion einer an sich von vornherein unverdächtigen Speise, z. B. durch Verunreinigung eines Kartoffelsalats, einer süßen Speise oder dgl. seitens eines Bazillenträgers, wobei die Bazillen sich in den befallenen Nahrungsmitteln rasch vermehren; oder das Virus ist im Fleisch schon vom infizierten lebenden Tier her enthalten; als solche Krankheitsprozesse beim Tier sind Enteritiden, septische puerperale Infektionen sowie Nabelinfektionen neugeborener Tiere (Kälber) zu nennen. Die Erkennung und Verhütung dieser vom Schlachttier auf den menschlichen Verbraucher übergehenden Infektionen ist Aufgabe des Veterinärhygienikers; vgl. darüber den Artikel von Standfuß, Bd. 2, S. 684ff. dieses Handbuches.

In bakteriologischer Hinsicht sind mindestens 2 natürliche Gruppen dieser Erreger zu unterscheiden, die sich hauptsächlich in serologischer Beziehung scharf unterscheiden (Agglutination), kulturell und morphologisch aber einander sehr nahe stehen (vgl. oben S. 537 die Tabelle): die eigentlichen Paratyphus-B-Bazillen (Schottmüller) und der Bac. enteritid. Gärtner, von denen der letztere bemerkenswerterweise in seinem Rezeptorenapparat gewisse gemeinsame Merkmale mit dem Typhusbazillus zeigt (vgl. oben S. 544), während zwischen Paratyphus-B- und Gärtner-Stämmen nur geringe Verwandtschaftsreaktionen bestehen und demnach

1) Die im folgenden angegebenen Unterscheidungsmerkmale sind mit einiger Sicherheit nur an frisch aus dem Organismus gezüchteten Stämmen nachweisbar.

ihre Unterscheidung durch agglutinierendes hochwertiges Immunserum gelingt. Die Kieler Schule (B. Fischer, R. Müller, L. Bitter) unterscheidet daneben noch einen Bac. enteritidis Breslau (aus einer Gruppenerkrankung von Fleischvergiftungen herausgezüchtet), der — wie der Bac. enteritid. Gärtner — akute gastrointestinale Erkrankungen erzeugt, bei Verfütterung der Reinkulturen an weiße Mäuse pathogen wirkt, intravital im Fleisch der Schlachttiere sich findet und durch diese drei Merkmale sich vom echten Paratyphus-B-Bazillus, der in erster Linie als Erreger der durch Kontaktinfektion verbreiteten typhösen Form des Paratyphus in Betracht kommt, unterscheidet und ins Fleisch erfahrungsgemäß erst postmortal (nach der Schlachtung durch Infektion von außen her) gerät. Gärtner- und Breslau-Bazillen sind ihrerseits wieder dadurch unterschieden, daß die Kolonien auf Agarplatten bei ersteren (wie auch beim echten Paratyphus-B-Bazillus eine Verdickung des Randes („Schleimwall") aufweisen, die den Breslau-Bazillen fehlt. Serologisch lassen sich durch Agglutination mit hochwertigen Testseren alle drei Typen differenzieren, wobei die eigentlichen Paratyphus-B-Bazillen mit den Breslau-Bazillen nähere Verwandtschaft aufweisen, während — wie bereits erwähnt — der Gärtner-Bazillus serologisch näher mit dem Typhusbazillus verwandt ist. Von den genannten menschenpathogenen Stämmen ist dann wieder noch eine besondere Gruppe von Tierseucheerregern zu unterscheiden, die als Krankheitserreger für den Menschen selten in Betracht kommen, die (nach Salmon benannte) sogenannte Salmonella-Gruppe oder Suipestifer-Gruppe, zu der von Erregern, die gelegentlich auch einmal dem Menschen gefährlich werden können, Mäusetyphus, Rattenvirus (Liverpool), Psittacosis (Papageieninfektion) u. a. gehören. Die praktisch hochwichtige Frage, ob von vornherein durch bakteriologische Untersuchung festgestellt werden kann, ob tierpathogene Repräsentanten der Paratyphus gruppe auch menschenpathogen seien, ist vorläufig noch offen; die Entscheidung dieser Frage ist um so schwieriger, als die Stämme dieser natürlichen Gruppen zum Teil in hohem Grade dem Variieren unterworfen sind. Hiermit hängt die weitere praktisch gleichfalls sehr bedeutsame Frage zusammen, ob die Bazillen aus der Paratyphus- und verwandten Gruppen in latentem Zustand etwa im Darm gesunder Tiere weit verbreitet sind. Von mancher Seite ist sogar die Ubiquität dieser Bazillen behauptet worden und mit dieser Möglichkeit ist in der Tat unter gewissen Verhältnissen zu rechnen, wenn z. B. unter dem Einfluß von Mischinfektion oder chemischer Reizung der Darmschleimhaut vorher harmlose epiphytische Bazillen aus der Paratyphusgruppe pathogene Wirkung zu enthalten vermögen, in die Gewebe eindringen und selbst allgemeine septikämische Infektion hervorrufen (Uhlenhuth). Eine solche Reizung der Darmschleimhaut kann schon durch veränderte Nahrung entstehen, z. B. bei Mäusen durch Fleischfütterung; wenn daher bei Mäusen nach Verfütterung verdächtigen Fleisches Paratyphusinfektion entsteht, so ist mit dieser Fehlerquelle zu rechnen und an die Möglichkeit zu denken, daß die Infektion nicht durch Bazillen, die im Fleisch enthalten waren, sondern auf endogenem Wege durch die Darmepiphyten der Maus selbst entstanden sein kann. Was die Frage der vermeintlichen Ubiquität der Paratyphusbazillen im menschlichen Darmkanal anlangt, so ist diese nach den Erfahrungen von systematischen bakteriologischen Untersuchungen menschlicher Fäzes zu verneinen; während des Bestehens einer Paratyphusepidemie findet man den Erreger öfters auch bei gesunden (?) Personen, die allerdings möglicherweise von einer leichtesten Infektion (etwas Durchfall) befallen gewesen sein mögen, während in epidemiefreier Zeit solche

Paratyphus-Bazillenträger entschieden recht selten sind. Unter den im Darmkanal der Tiere ziemlich weit verbreiteten Stämmen dieser Gruppe nehmen offenbar die menschenpathogenen Stämme eine Sonderstellung ein; leider sind wir noch nicht in der Lage, diese Stämme von den anderen epiphytisch lebenden mit Sicherheit zu unterscheiden. Bei der praktischen Begutachtung wird man dieser Sachlage am besten in der Weise Rechnung tragen, daß man alle die Stämme der Paratyphusgruppe, die in das Innere der Gewebe (Fleisch) einzudringen vermögen, als verdächtig bezeichnet, und Nahrungsmittel, die von Bazillen dieser Gruppe durchsetzt sind, vom menschlichen Genusse ausschließt.

6. Bacterium coli und Bacillus lactis aërogenes.

Auch hier haben wir es, ähnlich wie in der Paratyphus-B- und Enteritidis-Gruppe, nur noch in weiter ausgedehntem Maße, mit größeren natürlichen Gruppen zu tun, zusammengesetzt aus zahlreichen verschiedenen und weitgehend der Variabilität unterworfenen Stämmen, denen in der Regel keine Pathogenität zukommt, die aber doch in gewissen Fällen krankmachende Wirkungen zu enthalten vermögen. Zwei Möglichkeiten sind hierfür in Betracht zu ziehen: erstens können einzelne Stämme, gegenüber der Mehrzahl harmloser Epiphyten, eine erhöhte Virulenz aufweisen oder unter bestimmten Bedingungen, z. B. Mischinfektion, stärker virulent werden und dann schon von ihrem gewöhnlichen Standort, vom Darmkanal aus, pathogene Prozesse (Enteritis, Colitis) auslösen; zweitens kann eine deletäre Wirkung auf den Organismus zustande kommen, wenn das Bact. coli durch irgendwelche Umstände von seinem gewöhnlichen Standort, an dem offenbar durch Gewöhnung eine ausgeprägte Immunität besteht, in andere Gewebe verschleppt wird, die sich seiner nicht zu erwehren vermögen; hierher gehören die Fälle von Coliinfektionen des Peritoneums bei Darmperforation, weiterhin die Coliinfektionen der Gallen- und Harnwege u. dgl. Auch der vorhin für den Paratyphus genannte Fall, daß durch lokale Schädigung der Darmschleimhaut (veränderte Beschaffenheit des Darminhalts, Stauungen desselben, Erkältung) eine Invasion der tieferen Schichten der Mukosa und von da aus weitere Verbreitung der Infektion ermöglicht wird, gilt auch für die Gruppe des Bact. coli und spielt wahrscheinlich, z. B. bei der Appendizitis, eine Rolle.

Welche dieser beiden Möglichkeiten vorliegt, ist im Einzelfall meist nicht sicher zu entscheiden; bei Gruppenerkrankungen, z. B. von Enteritis bei Kindern, ist die Ausbildung eines besonders virulenten Typus wahrscheinlich, der dann über das Individuum hinaus und durch Kontakt von Mensch zu Mensch seine krankmachende Wirkung zu äußern vermag. Für therapeutische Zwecke, bei der Vakzinebehandlung, wo es darauf ankommt, eine möglichst spezifische Wirkung zu erzielen, wird man aus dieser Sachlage die praktische Folgerung ableiten, möglichst nur Autovakzine, hergestellt mit dem aus den krankhaften Se- oder Exkreten (Urin, Eiter) gezüchteten eigenen Stamm, zu verwenden. Unbeschadet weitgehender Variabilität innerhalb der ganzen Gruppe können im einzelnen Falle die Merkmale dieses Stammes mit großer Zähigkeit festgehalten werden, was für die ursächliche Rolle dieses Bazillus für den vorliegenden Krankheitsprozeß spricht; so züchtet man z. B. aus einer hartnäckigen sich über Jahre hinziehenden Pyelitis immer wieder, und zwar als alleinigen Befund, denselben Colistamm mit charakteristischem atypischen Verhalten gegenüber verschiedenen Zuckerarten.

Für die Bildung dauerhafter Typen mit wohlausgebildeten Eigenschaften, die bei verschiedenen Menschen und an verschiedenen Standorten einigermaßen regelmäßig gefunden werden (vergleichbar etwa den Typen des Pneumokokkus oder innerhalb der Pseudodysenteriegruppe), kommt es bei der Coligruppe nur zu Ansätzen. Vor allem kann man zwei Gruppen unterscheiden, je nachdem Eigenbewegung vorhanden ist (Bact. coli im

engeren Sinne) oder fehlt (Bac. lactis aërogenes); krankheitserregendes Vermögen findet sich bei Angehörigen beider Gruppen. Der typische Bac. lactis aërogenes ist von plumperer Form als die beweglichen Colistämme und zeichnet sich häufig durch Schleimbildung seiner Kolonien aus, worin sich bereits verwandtschaftliche Beziehungen zu der später zu besprechenden Gruppe der schleimbildenden Bazillen aussprechen.

Im Einzelfall kann es oft schwierig sein, den gefundenen Stamm näher zu charakterisieren; was speziell die Frage der Eigenbewegung anlangt, so ist zu bedenken, daß sie bei einem Stamm, infolge schädigender Einwirkungen, auch nur vorübergehend abhanden gekommen sein und schon nach einigen Überimpfungen auf frische Nährböden sich wieder einstellen kann. Von anderen Abarten der Coligruppe seien das hämolytische und das Bact. coli mutabile (vgl. Bd. 1, S. 543), das gelegentlich als Krankheitserreger auftreten kann, erwähnt. Serologische Differenzierung, desgleichen die Anstellung der Gruber-Widalschen Reaktion mit dem Patientenblut lassen bei Coliinfektionen mangels genügender Ausbildung der Spezifität meist im Stich; über die gelegentlich statt der eigentlichen Agglutination auftretende sogenannte Fadenreaktion vgl. Bd. 1, S. 527.

Ist man bezüglich der näheren Identifizierung eines Stammes der Coligruppe im Zweifel, so genügt für die Praxis meist die allgemeine Bezeichnung „zur Coligruppe gehörig" oder dgl. Übrigens können auch andere Darmbakterien außerhalb der Coligruppe, z. B. der Bac. faecalis alcaligenes, gelegentlich pathogen wirken. Die Herauszüchtung des Bact. coli und des Bac. lactis aërogenes aus menschlichem Untersuchungsmaterial (Fäzes, Urin, Galle, Eiter) macht in der Regel keine Schwierigkeiten; man versäume nicht, neben der direkten Aussaat auf festem Nährboden auch Vorkulturen in Nährbouillon anzulegen, weil öfters Colibazillen, die in ihrer Wachstumsfähigkeit gehemmt sind, erst nach Anwendung eines solchen Anreicherungsverfahrens angehen. Betreffs der Züchtung und Unterscheidung verschiedener Colistämme aus Wasser vgl. in Bd. 1, S. 940.

7. Ruhr- und Pseudodysenteriebazillen.

Erreger von Dickdarmerkrankungen, die mit Geschwürsbildung und Abgang von Schleim, bei schwereren Fällen auch Blut mit dem Stuhl, sehr häufigen Stuhlentleerungen mit jedesmaliger Ausscheidung nur sehr geringer Mengen, sowie mit quälenden Tenesmen und Fieber einhergehen, angefangen von leichtesten Formen, die von gewöhnlichem Durchfall oder schleimiger Colitis nicht zu unterscheiden sind, bis zu den schwersten Formen echter Ruhr mit 10%, bei Kindern sogar bis zu 40% Letalität. Ein klinisch ganz ähnliches Krankheitsbild wird durch die später zu besprechende Ruhramöbe (vgl. weiter unten S. 603) ausgelöst. Wegen der Einleitung einer spezifischen Therapie, die gegenüber der Amöbenruhr ganz andere Mittel anzuwenden hat (Emetin, Yatren 105) als gegenüber der Bazillenruhr (spezifisches Immunserum), ist es praktisch wichtig, zu wissen, welche Ruhrform im gegebenen Falle vorliegt; und innerhalb der Gruppe der Bazillenruhr ist es wiederum erforderlich, zwecks Einleitung der spezifischen Serumtherapie, festzustellen, um welchen Typus der Ruhrbazillen es sich bei der vorliegenden Ruhrerkrankung handelt. Allerdings kommt für die Praxis nur die Unterscheidung zwischen dem stark giftigen Typus Kruse-Shiga einerseits und der Gruppe der giftarmen Stämme der Pseudodysenteriebazillen andererseits in Betracht, während die schwierige Differenzierung der einzelnen Stämme dieser letzteren Gruppe von praktisch nur untergeordneter Bedeutung ist.

Die Bazillen der Ruhr und Pseudodysenterie sind in ihren morphologischen und kulturellen Eigenschaften dem Typhusbazillus sehr ähnlich

(vgl. Tab. S. 537), unterscheiden sich jedoch von ihm durch das Fehlen der für den Typhusbazillus charakteristischen Eigenbewegung, sowie durch die spezifischen Serumreaktionen (Agglutination mit hochwertigem Typhus- bzw. Ruhrimmunserum). Die zahlreichen verschiedenen Stämme der Pseudodysenteriegruppe, die entweder nach den Namen ihrer Entdecker benannt (Bac. Flexner, Bac. Strong usw.) oder nach Kruse mit den großen Buchstaben des lateinischen Alphabets (Typ A, B, C, D, E usw.) bezeichnet werden, lassen sich zuverlässig nur durch verfeinerte Serumreaktionen (Castellanischer Absorptionsversuch, vgl. Bd. 1, S. 530f.) differenzieren; die von anderer Seite vorgeschlagene Trennung dieser Stämme nach ihrem Vergärungsvermögen für die einzelnen Zuckerarten ist nicht einwandfrei, da diese kulturellen Merkmale in hohem Grade der Variabilität unterworfen sind.

Die bakteriologische Diagnose der Ruhrerkrankung richtet sich im allgemeinen nach den Vorschriften der Typhusdiagnostik; doch sind die Möglichkeiten der Untersuchung eingeengt, weil die Ruhrbazillen — im Gegensatz zu den Typhusbazillen — nicht ins Blut des Kranken eindringen und nur mit dem Stuhl, nicht aber mit Urin, Sputum u. dgl. ausgeschieden werden. Für die Ruhruntersuchung stehen also nur zwei Verfahren zur Verfügung: Die Züchtung der Bazillen aus dem Stuhl oder die Anstellung der Gruber-Widalschen Reaktion mit dem Patientenserum. Im einzelnen gestaltet sich das Verfahren der Untersuchung und die Bewertung der Ergebnisse folgendermaßen:

Für die Züchtung der Ruhrbazillen aus dem Stuhl ist in erster Linie zu beachten, daß die Verarbeitung der Darmentleerungen in möglichst frischem Zustande, am besten unmittelbar noch am Krankenbett selbst, erfolgen muß, weil sonst die Ruhrbazillen rasch absterben. Hierauf, sowie wahrscheinlich auch auf die Wirkung des bakteriophagen Agens (vgl. Bd. 1, S. 450) sind viele negative Befunde der bakteriologischen Stuhluntersuchung bei Ruhr zurückzuführen. Im einzelnen gestaltet sich das Vorgehen bei der Stuhluntersuchung auf Ruhrbazillen folgendermaßen: Aus dem in einer Schale ausgebreiteten Stuhl werden Schleimflocken herausgefischt, mehrmals hintereinander mit steriler Kochsalzlösung abgespült, um die anderen anhaftenden Fäzesbakterien möglichst auszuschalten und dann auf v. Drigalski-Conradi-Nährboden, bereitet nach Vorschrift S. 538, doch ohne Zusatz von Kristallviolett, in Plattenkulturen mittels eines Glasspatels möglichst gleichmäßig ausgestrichen und 24 Std. bei 37° bebrütet; Endo-Agar ist weniger geeignet, da nicht alle Ruhrstämme gleichmäßig gut auf ihm wachsen; das Anreicherungsverfahren auf Malachitgrünagar ist für Ruhr nicht anwendbar. Die Kolonien der Ruhrbazillen sind blau, klar und durchscheinend, wie die Typhuskolonien; ihre Identifikation erfolgt ganz analog wie bei der Typhusdiagnose (vgl. oben S. 541) zunächst durch orientierende Agglutination mit Ruhrbazillen-Immunserum, dann durch Anlegung der kleinen bunten Reihe und quantitative Austitrierung der Agglutination.

Stets muß die serologische Prüfung sowohl mit Kruse-Shiga- wie mit Pseudodysenterie-Serum (am besten einem multivalentem Serum) erfolgen, weil zwischen diesen beiden Arten von Ruhrbazillen oft nur eine geringe Rezeptorengemeinschaft besteht, so daß z. B. bei alleiniger Anstellung der Agglutinationsprobe etwa mit Kruse-Shiga-Serum allfällig vorhandene Pseudodysenterie-Kolonien übersehen werden könnten. Bei gleichzeitigem klinischen Verdacht auf ruhr- oder typhusähnliche Erkrankung wird der Agglutinationstest mit Typhus-, Paratyphus-A- und -B-, Gärtner-, Ruhr- und Pseudodysenterie-Immunserum angestellt. Steht kein multivalentes (d. h. durch Vorbehandlung

mit möglichst vielen verschiedenen Typen gewonnenes) Pseudodysenterieserum zur Verfügung, so wendet man ein bis zwei verschiedene aus Einzelstämmen gewonnene Pseudodysenteriesera an, am häufigsten sogenanntes Flexner- und Y-Serum; andere Pseudodysenteriestämme zeigen mit diesen Immunseren fast stets Mitagglutination, die überhaupt in der Pseudodysenteriegruppe sehr weitgehend ausgebildet ist. Abnormer Ausfall des Agglutinationstestes (inagglutinable oder schweragglutinable Stämme, Mit- und Paragglutination, paradoxe Reihen), wie er oben S. 544 beschrieben ist, kommen in der Ruhrgruppe noch häufiger wie in der Typhusgruppe vor und ist hier wie dort in gleicher Weise zu beurteilen. Obgleich der Ruhrbazillus Kruse-Shiga gegenüber der noch ungenügend differenzierten Gruppe der Pseudodysenteriebazillen meist sowohl kulturell wie serologisch eine Sonderstellung einnimmt, so kommen doch auch Übergangsformen zwischen diesen beiden Haupttypen, z. B. der sogenannte Baz. Schmitz, sowie die von Gotschlich und Börnstein beschriebenen Varianten des echten Ruhrbazillus vor.

Entscheidend für die Diagnose kann dann der Nachweis löslicher starker Gifte in den Kulturen sein, die für den Kruse-Shiga-Ruhrbazillus charakteristisch sind und durch subkutane Injektion von Kaninchen (auch weißen Mäusen, die etwas weniger empfindlich sind) mit Kulturfiltrat nachgewiesen werden; die Tiere gehen unter Lähmungserscheinungen und dysenterischen Prozessen im Dickdarm ein. Diese Toxinproduktion macht die Gewinnung von Immunserum mit Kruse-Shiga-Bazillen recht schwierig.

Eine praktisch wichtige Aufgabe ist die Ermittelung der Ansteckungsfähigkeit Genesender sowie die Untersuchung chronisch Erkrankter und von Ruhrbazillenträgern; um einwandfreies, von Fäkalbakterien möglichst wenig verunreinigtes Material für die Untersuchung zu gewinnen, empfiehlt sich direkte Entnahme aus den etwa vorhandenen dysenterischen Geschwüren unter Kontrolle des Rektoskops. —

Für die häufigen Fälle, in denen selbst bei akuter Ruhr die Züchtung der Ruhrbazillen aus dem Stuhl nicht gelingt, kommt noch die Anstellung der Gruber-Widalschen Reaktion mit dem Patientenserum gegenüber Ruhr- und Pseudodysenteriebazillen in Betracht. Das Ergebnis der Reaktion ist als positiv anzusehen, wenn Agglutination mit Kruse-Shiga-Bazillen in der Serumverdünnung von 1:100 eintritt; mit Pseudodysenteriebazillen gilt erst ein positiver Ausfall in der Serumverdünnung von mindestens 1:200 als beweisend.

Man unterscheidet zwischen grobklumpiger und feinkörniger Agglutination; letztere hat, insbesondere wenn sie erst in höheren Serumkonzentrationen eintritt, weniger Beweiskraft. Das häufige Vorkommen schwacher Agglutination des Patientenserums gegenüber Pseudodysenteriebazillen erklärt sich wohl dadurch, daß viele symptomlose oder leichteste Infektionen mit diesen Bazillen vorkommen. Eine Vortäuschung eines positiven Ausfalls der Gruber-Widalschen Reaktion durch vorangegangene Schutzimpfung wird nur selten vorkommen, da solche Schutzimpfungen mit Kruse-Shiga-Bazillen sich wegen der Giftwirkung dieser Keime von selbst verbieten und auch mit Pseudodysenteriebazillen, eventuell kombiniert mit Ruhrserum (Boehnckes Impfstoff), noch nicht in großem Umfang angewendet sind.

Die **epidemiologische Erforschung** einer Ruhrepidemie muß von dem Leitsatz ausgehen, daß die wichtigste Ansteckungsquelle der erkrankte Mensch und der Ruhrbazillenträger ist und für den Transport des Virus in erster Linie direkter und indirekter Kontakt in Betracht kommen, während längere Konservierung oder gar Vermehrung der Ruhrbazillen in der Außenwelt wegen der Empfindlichkeit dieser Keime gegen die verschiedensten äußeren Schädlichkeiten ausgeschlossen sind; daher spielt für die Verbreitung der Ruhr die Trinkwasserinfektion kaum je eine Rolle und scheidet die Übertragung durch trockenen Staub vollständig aus. Dagegen spielt Verbreitung durch Fliegen, die den Erreger in kürzester Frist von Fäzes auf Nahrungsmittel übertragen, oft eine bedeutsame Rolle. Die Verbreitung

der Ruhr wird begünstigt einerseits durch Unsauberkeit, daher das seuchenhafte Auftreten der Ruhr in Kriegs- und Notzeiten; andererseits durch jahreszeitliche Einflüsse; die Ruhr kommt in erster Linie im Spätsommer zur Entwicklung, wobei einerseits die Fliegenplage, andererseits die vermehrte Gelegenheit zur Übertragung durch Salat, Früchte u. dgl., sowie die Herabsetzung der persönlichen Widerstandsfähigkeit durch Diätfehler zusammenwirken. Die Tatsache, daß die Ruhr an bestimmte Örtlichkeiten gebunden ist und an diesen Orten regelmäßig zu einer bestimmten Jahreszeit rezidiviert, erklärt sich dadurch, daß die Ruhrbazillenträger zunächst durch die genannten jahreszeitlichen Schädigungen ihrer Widerstandsfähigkeit eine Verschlimmerung ihrer eigenen Infektion erfahren und daß durch die hiermit zusammenhängende vermehrte Bazillenausscheidung die Gefahren der Ansteckung auch für ihre Umgebung steigen.

8. **Bacillus pneumonicae Friedländer** und andere **schleimbildende Bazillen.**

Der Bac. pneumoniae Friedländer ist, wie der Name besagt, der Erreger gewisser (prognostisch ungünstiger) Formen der Pneumonie, kann aber auch als Erreger anderer Krankheitsprozesse (Meningitis, Infektionen der Harn- oder Gallenwege, allgemeine Septikämie) eine Rolle spielen. Auch hier handelt es sich nicht um eine einzige Art, sondern um eine natürliche Gruppe von Bazillen, die dem Bac. lactis aërogenes (vgl. oben S. 551) verwandt und durch folgende Merkmale gekennzeichnet ist.

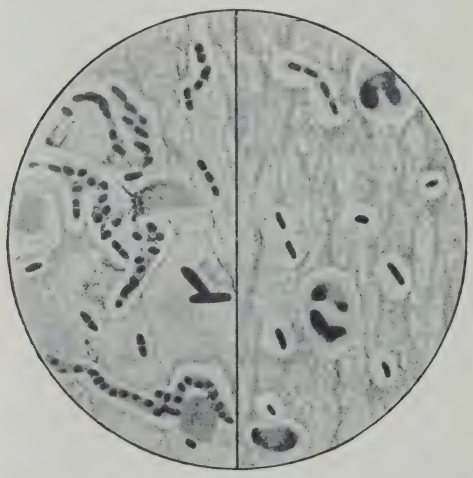


Fig. 16. Bacill. pneumon. Friedländer im Gewebsausstrich. Vergr. 1:1000. Nach Axenfeld. Aus Friedberger u. Pfeiffer, a. a. O. S. 757.

Plumpe, mittellange, manchmal aber auch sehr kurze, fast kokkenähnliche Stäbchen mit abgerundeten Enden, ohne Eigenbewegung, mit Kapselbildung, gramnegativ, auf künstlichen Nährböden schon bei Zimmertemperatur leicht züchtbar. Bildet kreisrunde, knopf- oder halbkugelige Kolonien, scharf abgegrenzt, von porzellanweißer, undurchsichtiger, in manchen Varianten (Toenniessen) auch von durchscheinender Beschaffenheit; keine Verflüssigung der Gelatine. Wachstum fakultativ anaërob und aërob. Vergärung der Kohlehydrate wie beim Bac. lactis aërogenes; tierpathogen schon bei subkutaner Verimpfung kleiner Mengen, mit septikämischer Ausbildung in allen Organen. Pathogenität und Kapselbildung sind hier wie in anderen Fällen (vgl. beim Milzbrandbazillus und bei den Pneumokokken) eng miteinander verknüpft; die Schleimbildung tritt besonders auf zuckerhaltigen Medien stark hervor.

Nachweis durch gewöhnliche Färbung, besonders Gram-Fuchsinpräparate, sowie sehr charakteristisch durch Tuschepräparate, in denen die Kapsel sehr deutlich hervortritt. Unterscheidung von nahestehenden saprophytischen Arten oder Epiphyten der oberen Atmungswege durch positiven Ausfall des Tierversuches und Kapselbildung.

Von verwandten pathogenen Arten, deren ätiologische Bedeutung jedoch noch unsicher ist, seien genannt: der Coccobacillus ozaena Perez und der Rhinosklerom-

bazillus; bei letzterer in Deutschland recht seltenen Infektion, gekennzeichnet durch starke tumorenartige Schwellungen der Schleimhäute von Nase und Rachen, sieht man im Schnittpräparat charakteristische große hyalin verquollene sogenannte Mikuliczsche Zellen, in deren Inneren Häufchen der beschriebenen Bazillen liegen.

9. Pestbazillus.

Der Pestbazillus gehört zur natürlichen Gruppe der Bazillen der hämorrhagischen Septikämie (in der französischen Literatur als Pasteurella bezeichnet), die eine größere Anzahl von Tierseuchenerregern (Schweineseuche, Büffelseuche, Hühnercholera, Bazillus der Pseudotuberkulose der Nagetiere u. a.) umfaßt. Auch der Pestbazillus ist Erreger einer Tierseuche, die hauptsächlich bei Nagetieren, in erster Linie Ratten, gewissen Arten von Murmeltieren (Arctomys bobac) und Eichhörnchen (Citellus beecheyi), seltener bei Katzen, Kamelen, Beuteltieren und Affen auftritt; diese ursprüngliche Tierseuche kann auf den Menschen übergehen, teils durch Kontakt, teils durch den Stich gewisser Floharten (vor allem Pulex cheopis, auch als Xenopsylla oder Loemopsylla cheopis bezeichnet), und beim Menschen infolge von Infektion von der Haut aus unter dem Bilde der Bubonenpest (Drüsen- oder Hautpest) auftreten. Andererseits kann der Pestbazillus auch von dem Atmungswegen aus, durch Tröpfcheninfektion in den Körper eindringen und erzeugt dann die Lungenpest, die ungleich malignerer Natur ist, fast stets tödlich verläuft und hochkontagiös ist und daher in Gestalt schwerster, weit ausgebreiteter Epidemien auftreten kann. Über die epidemiologischen Zusammenhänge von Pest der Nager, menschlicher Bubonen- und Lungenpest vgl. weiter unten.

Der Pestbazillus zeigt folgende charakteristische Merkmale: In morphologischer Beziehung ist er wie die ganze Gruppe der Bazillen der hämorrhagischen Septikämie gekennzeichnet durch seine ovale, häufig fast kokkenartige Form, das Fehlen von Eigenbewegung und Geißeln, sein gramnegatives Verhalten und die sogenannte Polfärbung, d. h. die Anhäufung der färbbaren Substanz an den Enden des Bazillenleibes, der eine zentrale Vakuole zeigt. Die Polfärbung tritt schon bei den gewöhnlichen Färbeverfahren in Erscheinung und ist besonders deutlich durch folgende Methoden darstellbar:

Nach Gaffky und H. Bitter: Das in gewöhnlicher Weise durch die Flamme fixierte Präparat wird zunächst etwa ½ Minute mit 1%iger Essigsäure behandelt, dann mit Wasser abgespült und mit konzentrierter Ziehlscher Karbolfuchsinlösung einige Sekunden gefärbt, mit Wasser abgespült, getrocknet usw. Diese Methode hat für Organausstriche den großen Vorteil, daß durch die Vorbehandlung mit schwacher Essigsäure der Blutfarbstoff ausgezogen und das Präparat dadurch übersichtlicher wird. Nach H. Kossel: Das lufttrockene Präparat wird nicht in der Flamme, sondern mit absolutem Alkohol etwa ½ Minute fixiert, was durch Abbrennen des nach Abgießen verbleibenden Restes des Alkohols beschleunigt werden kann; dann erfolgt Färbung mit wässeriger Methylenblaulösung unter Erhitzen während 5—10 Minuten; hierauf Abspülen mit Wasser, Trocknen usw.

So charakteristisch die Polfärbung ist, so genügt sie für sich allein doch nicht zur Identifizierung des Pestbazillus, vor allem da nicht, wo durch fremde Keime, wie in den Atmungswegen des Menschen oder in angefaulten Rattenkadavern, ganz ähnliche Bilder vorgetäuscht werden können. In morphologischer Beziehung kann zur Erkennung des Pestbazillus auch eine besondere Neigung zur Bildung von Involutionsformen herangezogen werden; solche treten schon im Inhalt des Bubos oder im Lungenauswurf und Organausstrichen in Gestalt unregelmäßiger, kreisrund begrenzter, oft ringförmiger Gebilde, zum Teil als ganz verwaschene, mit der Körnchen-

bildung beim Pfeifferschen Versuch (vgl. in Bd. 1, S. 518) vergleichbare bläschen- oder tröpfchenartige Gebilde auf und sind besonders deutlich bei gewissen künstlichen Züchtungsverfahren (auf Agar mit 3%igem Kochsalzgehalt) zu beobachten, wo diese abnormen Formen in Gestalt ganz ungleichmäßiger, zum Teil geradezu bizarrer Gebilde (kugeliger, geschwänzter Form u. dgl.) zu Gesicht kommen.

In kultureller Beziehung zeigen die Pestbazillen folgende typische Merkmale; der Pestbazillus ist auf den gewöhnlichen Nährböden leicht züchtbar und zeigt auf Agar- und Gelatineplatten Oberflächenkolonien mit charakteristischem, zartem, unregelmäßig begrenztem Saum, in dem die Pestbazillen im Klatschpräparat in Form der sogenannten Kosselschen Schleifen angeordnet erscheinen. Der Pestbazillus hat sein Temperaturoptimum nicht bei 37°, sondern bei etwa 30 bis 35°, wächst aber noch bei Temperaturen bis herab zu etwa 6° im Eisschrank.

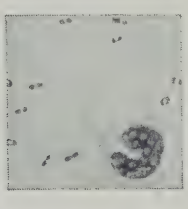


Fig. 17. Pestbazillen aus Gewebssaft. Aus Flügge, a. a. O. S. 549. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1:500.

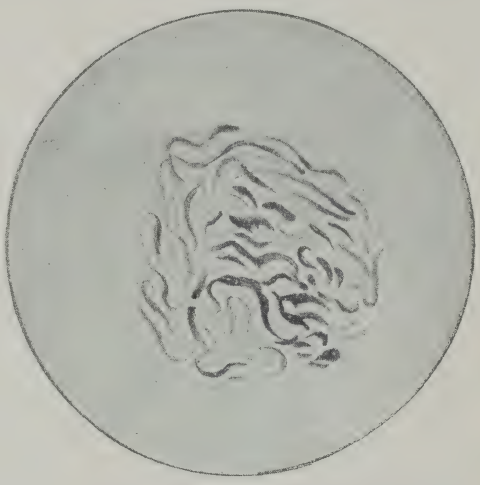


Fig. 18. Klatschpräparat einer jungen Oberflächenkolonie von Pestbazillen mit sogenannten Kosselschen Schleifen. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 227. Vergr. 1:300.

Die Kenntnis dieser Temperaturbedingungen des Wachstums ist praktisch wichtig; einerseits weil hiernach das Wachstum selbst im Brutschrank ziemlich langsam erfolgt und nach den ersten 24 Stunden oft noch ganz ungenügend ist; man warte daher stets das Ergebnis der Kulturen nach 2—3 Tagen ab; andererseits gelingt es, den Pestbazillus noch bei den genannten niedrigen Temperaturen zu züchten und dadurch das Wachstum störender verunreinigender Keime, z. B. in faulenden Leichenteilen, ganz hintanzuhalten. Oft erscheinen nebeneinander grobe und kleinere Kolonien oder Knopfbildungen als Ausdruck der Variabilität. Die Agarkulturen sind oft stark schleimig und fadenziehend.

Recht charakteristisch ist ferner das Wachstum in Bouillon, besonders im Kölbchen, wo die Nährflüssigkeit nicht gleichmäßig getrübt wird, sondern in dem sonst klar bleibenden Medium einerseits ein krümeliger Bodensatz zustande kommt, andererseits von der Oberfläche her stalaktitenähnliche Gebilde nach der Tiefe hin sich ausbilden; letztere Erscheinung wird besonders deutlich, wenn man auf die Oberfläche der Nährflüssigkeit kleinere Teilchen, z. B. Fetttröpfchen, bringt, die sich daselbst schwimmend erhalten und von denen die Stalaktitenbildung ausgeht.

Die krankheitserregenden Eigenschaften des Pestbazillus sind durch verschiedene Formen der Versuchsanordnung diagnostisch verwertbar. Als Versuchstiere eignen sich insbesondere Meerschweinchen und Ratten; Vögel sind dem Pestbazillus gegenüber unempfindlich (Unterschied gegenüber Hühnercholerabazillen!). Als Methoden des Tierversuchs kommen praktisch in Betracht:

Die subkutane Verimpfung, bei der die Versuchstiere innerhalb weniger Tage unter septikämischer Verbreitung der Pestbazillen im ge-

samten Organismus, sowie mit charakteristischer Schwellung der regionalen Lymphdrüsen (Analogon zum menschlichen Pestbubo) eingehen. Ähnliche Krankheitsbilder können aber auch durch andere Bazillen aus der Gruppe der hämorrhagischen Septikämie hervorgerufen werden.

Das gleiche gilt von der intraperitonealen Verimpfung beim Meerschweinchen, die ein dickes weißliches, stark fadenziehendes Exsudat erzeugt.

Besonders charakteristisch ist das Ergebnis der Verimpfung auf die unverletzte Bauchhaut des Meerschweinchens, nach der ein der natürlichen Infektion beim Menschen ganz entsprechendes Krankheitsbild zustande kommt; auch für die menschliche Bubonenpest ist es ja bezeichnend in den meisten Fällen, daß eine Eintrittspforte nicht erkennbar ist und sowohl eine primäre Lokalisation des Virus in der Haut — (die in einer Minderzahl der Fälle als Pestpustel, Pestkarbunkel u. dgl. auftreten kann) — wie Entzündungen der Lymphbahnen vollkommen fehlen, sondern der Krankheitsprozeß diese ersten Stationen meist überspringt und sich sogleich in den regionären Lymphdrüsen festsetzt. Ebenso kann bei der Verimpfung auf die unverletzte Haut die Impfstelle selbst intakt bleiben (andere Male freilich treten Infiltrationen und Hämorrhagien an der Eintrittspforte selbst auf), während an den regionären Lymphdrüsen Schwellung, hämorrhagische Infiltration und massenhafte Durchsetzung mit Pestbazillen ganz regelmäßig zustande kommen und den tödlichen Ausgang binnen etwa 4 Tagen, manchmal allerdings erst wesentlich später herbeiführen. Die Verimpfung des verdächtigen Materials erfolgt in der Weise, daß dasselbe auf die rasierte Bauchhaut des Meerschweinchens aufgebracht und mit einem stumpfen Instrument (Rücken eines Skalpells) gründlich verrieben wird, wobei natürlich kleine Kontinuitätstrennungen der Haut unvermeidlich sind; aber es genügt schon, die Haare mit einer Schere abzuschneiden und das Impfmaterial auftropfen und eintrocknen zu lassen. Diese Methode eignet sich, ebenso wie die folgende, insbesondere zum Nachweis vereinzelter Pestbazillen in bakterienreichen Gemischen (Sputum, faulenden Leichenteilen usw.).

Eine gleichfalls außerordentlich empfindliche Methode zum Nachweis des Pestbazillus aus Gemischen stellt die Verimpfung auf die Konjunktiva oder in die Nasenöffnung bei weißen Ratten dar; es genügt, mit einem stumpfen Instrument (z. B. dem abgerundeten Ende eines Glasstabes) das verdächtige Material auf die genannten Schleimhäute zu bringen, um auf dem Wege des Transports durch den Tränenkanal und die oberen Luftwege eine der menschlichen Lungenpest analoge tödliche Infektion der Lunge mit enormer Bazillenmenge im Infiltrat zu erzeugen.

Die beiden zuletzt genannten Methoden eignen sich insbesondere auch zum Nachweis schwach virulenter Stämme des Pestbazillus und ihre Unterscheidung vom Bac. pseudotuberculosis rodentium, der bei subkutaner und intraperitonealer Verimpfung ähnlich wie Pestbazillen abgeschwächter Virulenz zu pseudotuberkulösen Prozessen (gelbliche Knötchen in Milz, Leber und Lymphdrüsen) Anlaß gibt.

Andere Methoden der Tierimpfung, wie die außerordentlich gefährliche Infektion durch Einatmung fein versprühten Materials (vgl. Bd. 1, S. 474) an Ratten mit Entstehung typischer Lungenpest und starker Virulenzzunahme im Reihenversuch, sowie die Verfütterung an Ratten mit Entstehung zervikaler und submaxillarer Halsbubonen haben zwar großes theoretisches Interesse, kommen aber für praktische Zwecke der Diagnostik nicht in Betracht.

Von serologischen Methoden stehen als praktisch brauchbar zur Verfügung: einerseits die Identifikation verdächtiger Kulturen durch

Agglutination mit hochwertigem Immunserum, dessen Agglutinationstiter gegenüber echten Pestkulturen aber vorher kontrolliert sein muß, andererseits die Prüfung des Krankenserums beim Menschen bezüglich seiner agglutinierenden Wirkung auf echte Pestbazillen (nach der Versuchsanordnung der Gruber-Widalschen Reaktion); schon sehr niedrige Agglutinationstiter (etwa 1 : 5) sind beweisend.

Gewinnung des Untersuchungsmaterials.

1. Vom erkrankten Menschen oder von der menschlichen Leiche: Aus Pestpusteln oder -karbunkeln gewinnt man durch Anstechen, aus dem Pestbubo durch Punktion mit einer nicht zu engen Kanüle und Ansaugen mittels Spritze Gewebssaft, in dem bei frischen Fällen die Pestbazillen meist in sehr großer Zahl vorhanden sind; hier gestattet schon die morphologische Untersuchung eine sichere oder doch mindestens eine dringende Verdachtsdiagnose, da pestähnliche Bazillen aus Eiterherden oder Lymphdrüsen kaum bekannt sind. Man achte insbesondere auf die Polfärbung und die schon sehr frühzeitig auftretenden Involutionsformen. In älteren Fällen geht die Zahl der Pestbazillen sehr zurück und im vereiterten Bubo sind sie meist völlig abgestorben und verschwunden.

Die Punktion (die der Schmerzhaftigkeit wegen am besten unter Chloräthylspray erfolgt) bedeutet für den Patienten keine Gefahr, etwa in dem Sinne, daß durch sie die Pestbazillen aus dem Lymphdrüsengewebe in den Kreislauf verschleppt und eine schwere Allgemeininfektion verursachen könnten; dagegen bedenke man stets, daß durch die Punktion ein früher geschlossener Herd nunmehr eröffnet wird und daß durch den Punktionskanal infektiöser Gewebssaft nach außen gelangen kann; man schütze die Punktionswunde durch einen antiseptischen Verband! Vorsicht beim Entleeren der Punktionsspritze gegen Tröpfcheninfektion! Spritze langsam in Röhrchen oder geschlossene Schale entleeren!

Auch die kulturelle Untersuchung des kreisenden Blutes durch Venenpunktion und Verbringung von etwa 10 ccm Blut in Bouillon gestattet öfters, selbst in Fällen mit günstigem Verlauf, den Nachweis von Pestbazillen und liefert bei schwerer Erkrankung und bei Pestseptikämie sub finem vitae fast stets positive Ergebnisse. Der gelungene Nachweis von Pestbazillen im kreisenden Blute ist (ebensowenig wie bei anderen Infektionserregern!) nicht von unbedingt übler Prognose, da noch nicht das bloße Vorhandensein, sondern erst die schrankenlose Vermehrung der Krankheitskeime im Blute den Tatbestand der allgemeinen septikämischen Erkrankung ausmacht. Bei Lungenpest enthält das Sputum meist ganz ungeheure Mengen von Pestbazillen. — Von der Leiche kann das Untersuchungsmaterial gleichfalls durch Punktion des Bubos, durch Anstechen von Hautpusteln und vor allem durch Herzpunktion gewonnen werden, die sich mir praktisch in der Erkennung von sonst durchaus unklaren Todesfällen sehr bewährt hat.

Die neuerdings seitens französischer Autoren empfohlene Punktion der Leber liefert nicht so brauchbare Ergebnisse. Bei Lungenpest kann das Untersuchungsmaterial von der Leiche durch Punktion bronchopneumonischer Herde oder auch schon in Gestalt der bei Druck auf den Thorax aus dem Munde hervorquellenden blutig-schaumigen Flüssigkeit gewonnen werden. Man umgehe, wenn irgend möglich, die Obduktion, der Gefahr der Verschleppung von Keimen wegen; gegebenenfalls führe man die Sektion in abgekürzter Form, lediglich durch Eröffnung der Krankheitsherde, an der im undurchlässigen verpichten Holz- oder besser Metallsarg liegenden Leiche aus.

Bei der Untersuchung von Leichenmaterial ist der bloße morphologische Nachweis pestverdächtiger Stäbchen nicht beweisend, da manche Fäulnisbazillen, insbesondere bei ihrem Auftreten in den Atmungswegen

ein ganz ähnliches Bild zeigen können; hier entscheiden die Kulturmerkmale und der Tierversuch, besonders in Gestalt der Verimpfung auf die unverletzte Haut (vgl. oben). — Urin und Fäzes enthalten den Pestbazillus nur bei schwerer allgemeiner Pestseptikämie; für den Nachweis ist der Tierversuch unentbehrlich.

Bei unklaren Erkrankungsfällen, bei denen lediglich schwere Allgemeinsymptome ohne erkennbare Lokalisation vorhanden zu sein scheinen (Verdacht auf sogenannte primäre septikämische Form der Pest), denke man an die Möglichkeit, daß ein vorhandener Drüsen- oder Lungenherd sehr klein sein kann (erbsengroße infizierte Halsdrüsen u. dgl.); in solchen Fällen führt die Untersuchung des Blutes durch Kulturverfahren und Tierversuch zum Ziele. In Ländern und in Bevölkerungsschichten mit ungenügender ärztlicher Versorgung muß schon jede Häufung von Todesfällen, besonders bei Erwachsenen, in bestimmten Bezirken oder gar in demselben Hause, dringenden Verdacht erwecken.

2. Von infizierten Nagern: Der Befund toter Ratten oder anderer Nager, besonders in größerer Zahl, ist stets sehr verdächtig; bei der Sektion achte man auf Drüsenschwellungen, Hämorrhagien, Lungenherde oder, bei chronischen Pestfällen in endemischen Herden, auf pseudotuberkuloseartige Knötchen in der Milz und Leber; die bakteriologische Untersuchung ist entscheidend. Manchmal ist schon das klinische Verhalten der infizierten Tiere sehr verdächtig, z. B. wenn die sonst so scheuen Ratten offenbar in einem fieberdeliriumartigen Zustand aus ihren Löchern hervorkommen und jede Scheu vor dem Menschen verloren zu haben scheinen. In anderen Fällen wiederum kann man trotz dringender epidemiologischer Verdachtsgründe (Häufung und insbesondere Rezidivieren menschlicher Pestfälle in bestimmten Wohnungen oder Häuserblocks) keine toten Ratten auffinden, weil diese in ihren schwer zugänglichen Schlupfwinkeln selbst verendet sind; erst durch eingreifende Arbeiten, wie Aufreißen des hölzernen Fußbodens, Eröffnung des Gebälkes u. a., auf Schiffen oft erst anläßlich des Löschens der Ladung gelingt es, die verendeten Ratten aufzufinden. In solchen Fällen kann man versuchen, durch Aussetzung gesunder Meerschweinchen an solchen Örtlichkeiten die infizierten Rattenflöhe auf diese Versuchstiere, die als „Flohfallen" wirken, heranzulocken und dem Nachweis zugänglich zu machen.

Um hierbei der Gefahr der Laboratoriumsinfektion durch Entweichen der Flöhe zu begegnen, bringe man die verdächtigen Nager unter eine mit Chloroformdämpfen gefüllte Glasglocke, wodurch die Flöhe betäubt werden und abfallen oder durch Auskämmen des Felles aufzufinden sind; in den vorsichtig zerquetschten Flöhen (Achtung vor Verspritzen!) lassen sich die Pestbazillen öfters schon mikroskopisch, oder durch kutane, subkutane und intraperitoneale Verimpfung der so gewonnenen Aufschwemmung auf Meerschweinchen nachweisen.

In manchen Floharten, vor allem im Pulex cheopis, findet eine ganz massenhafte Vermehrung der mit dem Blut beim Saugakt aufgenommenen Pestbazillen (im Vormagen) statt. Für die von seiten der infizierten Nager ausgehende Ansteckungsgefahr ist einerseits die Zahl der Flöhe (der sogenannte Flohindex), wie auch die Wahrscheinlichkeit des Kontaktes der Nager mit dem Menschen maßgebend; in letzterer Beziehung ist die Artbestimmung der Nager, z. B. die Unterscheidung von Wanderratte (Mus decumanus) und Hausratte (Mus rattus) — um nur diese beiden wichtigsten Spezies zu nennen — von Wichtigkeit, da die Hausratte mit dem Menschen in viel engeren Kontakt kommt als die mehr in Kellern, Kanälen u. dgl. lebende Wanderratte.

In praktisch völlig ausreichender Weise kann diese Unterscheidung durch Messung der Schwanz- und Ohrenlänge erfolgen; bei der Hausratte ist der Schwanz länger als Rumpf plus Kopf, die Ohren lassen sich bis über die Schnauze klappen; bei der Wanderratte ist der Schwanz kürzer als Kopf plus Rumpf und erreichen die Ohren nicht die Schnauze.

Die **epidemiologische Erforschung der Pest** hat vor allem die praktisch für die Seuchenbekämpfung außerordentlich wichtige Aufgabe zu lösen, den Nachweis der Ansteckungsquelle zu erbringen. Hierfür sind, entsprechend den beiden Hauptformen der menschlichen Pest als Drüsen- und Lungenpest, folgende verschiedene Gesichtspunkte zu beachten. Für die menschliche Bubonenpest gilt der epidemiologische Leitsatz, daß ihr Vorkommen nur einen Hinweis auf eine unter Umständen viel weiter ausgebreitete und vielleicht auch schon weiter zurückliegende Infektion der Nager darstellt. Über die Schwierigkeiten des direkten Nachweises infizierter Nager vgl. das soeben Gesagte. Indirekte Verdachtsgründe für das Vorhandensein von Rattenpest liefern gewisse Tatsachen der Verteilung der menschlichen Bubonenpestfälle nach Örtlichkeiten und Berufen, die besonders häufig zu Kontakt mit Ratten Anlaß geben: so die Lokalisation in Hafenanlagen, Getreidespeichern, Lebensmittelgeschäften, sowie überhaupt das Haften der Infektion an bestimmten, unter Umständen eng begrenzten Örtlichkeiten. Da die Pest auf größere Entfernungen in erster Linie durch den Schiffsverkehr, und zwar durch die Schiffsratten verschleppt wird, ist stets auf das Vorhandensein eines solchen Zusammenhangs zu fahnden; allerdings kann eine solche Beziehung zuweilen recht schwierig oder überhaupt nicht mehr aufzudecken sein, da die Pest sich längere Zeit unter den Ratten unbemerkt erhalten und mit diesen Nagern, z. B. in Warenbündeln auf weite Distanz verschleppt werden kann, so daß man plötzlich durch einen Ausbruch der Seuche scheinbar, weit entfernt vom Seeverkehr, überrascht werden kann.

Für die Aufklärung der oft sehr auffallenden jahreszeitlichen Periodizität des Auftretens der menschlichen Pestfälle sind alle die Momente heranzuziehen, die einerseits die Zahl der empfänglichen Ratten selbst, andererseits die Möglichkeiten der Übertragung von Ratte zu Ratte und von Ratte zu Mensch begünstigen. An manchen Orten ist eine zeitliche Beziehung zwischen der Wurfzeit der Ratten und der Häufigkeit der Pest festgestellt, die so zu deuten ist, daß die Pest unter den Nagern infolge von Durchseuchung zum Stillstand gelangt, während des seuchefreien Intervalls auch unter den Ratten nur vereinzelte Infektionen, vielleicht sogar nur unter der chronischen, an Pseudotuberkulose der Nagetiere erinnernden Form vorkommen, die epizootische Verbreitung aber sofort aufs neue beginnt, sobald nach der Wurfzeit zahlreiche neue hochempfängliche Tiere vorhanden sind. Andererseits ist die Vermehrung der Rattenflöhe, die ihrerseits von jahreszeitlichen und Witterungseinflüssen (Luftwärme und Feuchtigkeit) beherrscht wird, von ausschlaggebender Bedeutung für die Ausbreitung der Seuche sowohl unter den Nagern wie von diesen aus auf die Menschen. Außerhalb der infizierten Tiere (Nager und Flöhe) vermögen sich die Pestbazillen in der unbelebten Außenwelt meist nicht lange zu erhalten und gehen insbesondere durch Austrocknung sehr rasch zugrunde.

Für die epidemiologische Aufklärung der Lungenpest kommen grundsätzlich folgende zwei Möglichkeiten in Betracht. Erstens kann es sich um sekundäre Pestpneumonie im Anschluß an eine ursprüngliche Drüsenpest handeln; die Häufigkeit dieser malignen Komplikation hängt einerseits von der Lokalisation der pestinfizierten Drüse ab, indem von Halsdrüsen aus die Verschleppung in die benachbarten Lungen besonders leicht erfolgt, andererseits spielt dabei der Virulenzgrad des betreffenden Stammes von Pestbazillen eine ausschlaggebende Rolle. In diesem Sinne sprechen gewisse epidemiologische Erfahrungen: in verschiedenen Epidemien von Bubonenpest ist die relative Häufigkeit sekundärer Pestpneu-

monie sehr verschieden, und besonders die Infektion seitens des Tarbagans (Arctomys bobac) führt sehr viel häufiger zu Lungenpest als diejenige seitens der Ratten. Daß durch Tierpassage eine besondere Virulenz des Pestbazillus für die Lunge herangezüchtet werden kann, lehren die Versuche von Martini mit systematischer Übertragung von Pestbazillen von lungenpestinfizierten Ratten durch Tröpfcheninfektion.

Wenn es sich hier um Variabilität des Pestbazillus unter dem Einfluß bestimmender Faktoren des tierischen Wirtsorganismus handelt, so daß man geradezu von einer besonderen „pneumotropen" Variante des Pestbazillus sprechen könnte, so kann andererseits auch eine gewisse besondere Empfänglichkeit des von der Infektion befallenen Menschen für die Häufigkeit des Zustandekommens der sekundären Pestpneumonie auf dem Boden einer ursprünglichen Drüsenpest ausschlaggebend sein. Hierher gehören die bekannten Tatsachen, daß die Lungenpest besonders häufig im kalten Klima oder in der kalten Jahreszeit nicht nur sich verbreitet (was durch die erhöhte Kontaktbereitschaft in der engen Wohnung erklärlich wäre), sondern auch entsteht, daß sie im heißen Klima weniger bösartig auftritt und daß an einem und demselben Orte im gemäßigten oder subtropischen Klima (z. B. in Ägypten) diejenigen Rassen, die aus tropischem Klima stammen, für Pestpneumonie gerade so wie für Pneumokokkeninfektion viel empfänglicher sind als die ortsansässige Bevölkerung; Vulnerabilität gegenüber Erkältung, sowie prädisponierende Wirkung von Pneumokokkeninfektionen vermögen offenbar die Empfänglichkeit gegenüber Lungenpest zu steigern.

Soviel über die — noch umstrittene — Frage der Entstehung der Lungenpest sekundär auf dem Boden einer ursprünglichen Drüsenpest bzw. direkt vom Tier aus. Andererseits, sobald einmal auf einem der genannten Wege ein Fall von Lungenpest beim Menschen entstanden ist, breitet sich von ihm aus durch Tröpfcheninfektion von Mensch zu Mensch die Seuche weiter aus im Sinne der primären Lungenpest, die direkt durch Inhalation des Virus zustande kommt; auf diesem Wege sind nachweislich (z. B. durch unvorsichtige Handhabung einer Injektionsspritze bei Tierversuchen) durch Versprühen infektiöser Tröpfchen Laboratoriumsinfektionen mit Lungenpest erfolgt.

10. Bacterium tularense.

Dem Pestbazillus nahe verwandter Erreger einer in Nordamerika weit verbreiteten, neuerdings auch in Japan nachgewiesenen Tierseuche bei Kaninchen und Hasen, die auf den Menschen, sei es durch direkten Kontakt, z. B. beim Abbalgen erlegter Tiere, sei es durch den Stich gewisser infizierter Fliegen und Zecken, übertragen wird und beim Menschen in Gestalt ulzeröser (bei Infektion von der Haut aus) oder konjunktivaler Prozesse (bei Eintritt des Virus ins Auge) mit sekundären Drüsenschwellungen, unter Umständen auch als allgemeine schwere Sepsis auftritt. Der Erreger zeigt kokken- und stäbchenartige Formen, sowie Involutionsformen und weist andererseits durch das Auftreten unregelmäßiger kolbiger Formen eine gewisse Verwandtschaft zum Bac. melitensis auf, zu dem auch serologische Beziehungen bestehen. Das Bact. tularense wächst nicht auf den gewöhnlichen Nährböden, sondern nur auf solchen mit Eigelb- oder Blut- oder Cystinzusatz; das Wachstum erfolgt oft erst binnen 2—7 Tagen. Die Diagnose gelingt vor allem durch dem Tierversuch bei Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten und Mäusen durch die gebräuchlichen Methoden, aber auch durch kutane und konjunktivale Verimpfung; die Tiere zeigen verkäste Herde in den Lymphdrüsen, in Milz und Leber, ähnlich pseudotuberkulösen Prozessen. Auch serologische Diagnostik durch Agglutination des Patientenserums mit Kulturen ist möglich.

Vgl. S. E. Francis, Tularämie, in der 3. Auflage des Handbuches der pathogenen Mikroorganismen von Kolle, Kraus und Uhlenhuth, 1928, Bd. 6, dem diese Notizen entnommen sind.

11. Bac. melitensis (Maltafieberbazillus).

Erreger einer nicht nur in Malta, sondern auch in anderen Mittelmeerländern, sowie in den Subtropen weit verbreiteten Infektionskrankheit gewisser Haustiere und des Menschen, die als Maltafieber, Mittelmeerfieber oder zweckmäßiger (da ihr Verbreitungsgebiet viel ausgedehnter

ist) nach dem charakteristischen Fieberverlauf als undulierendes Fieber bezeichnet wird. Perioden unregelmäßigen, meist langsam ansteigenden und lytisch abfallenden Fiebers wechseln mit fieberfreien Intervallen von etwa 7 Tagen ab. Der Verlauf der Krankheit ist meist subakut oder chronisch und kann sich über Monate hinziehen; die Letalität ist gering, der Kräfteverfall und die subjektiven Beschwerden durch Giftwirkungen des Erregers aber sehr bedeutend. Das klinische Bild kann mit chronischer Sepsis, Gelenkrheumatismus, Malaria, Rekurrens und atypischem Abdominaltyphus verwechselt werden. Entscheidung bringt die bakteriologische Untersuchung, entweder durch Nachweis des Erregers im Blut oder Urin, oder durch Prüfung des Krankenserums auf agglutinierende Fähigkeit gegenüber Reinkulturen des Bac. melitensis nach Art der Gruber-Widalschen Reaktion.

Der Erreger, vielfach noch irrtümlich als Micrococcus melitensis bezeichnet, ist in Wirklichkeit ein sehr kleines Stäbchen, das allerdings besonders in jungen Kulturen ganz vorwiegend in Form ovaler kokkenähnlicher Gebilde auftritt, in älteren Kulturen aber auch längere, zum Teil unregelmäßige, an den Enden kolbig verdickte Formen aufweist, gramnegativ und ohne Eigenbewegung ist. Der Bac. melitensis gedeiht auf gewöhnlichem Agar, wächst aber auf allen Nährböden sehr langsam, oft erst nach 5 bis 7 Tagen in Form tröpfchenartiger nicht konfluierender Kolonien. Auf Drigalski-Conradi-Agar (vgl. oben S. 538), der sich am besten zur Züchtung aus Bakteriengemischen (Milch, Urin, Stuhl) eignet, sind die Kolonien blau und durchscheinend. Die Züchtung aus dem Krankenblut gelingt vorwiegend nur während der Fieberperioden, selten im fieberfreien Intervall; 10—20 ccm Blut, aus der Vene entnommen, werden in Bouillon gebracht, bei 37° mindestens eine Woche lang bebrütet; bei beginnender Trübung der Bouillon werden Aussaaten auf Agar gemacht und die Kolonien nach ihrem langsamen Wachstum, dem charakteristischen morphologischen Verhalten der Bazillen und dem spezifischen Ausfall der Agglutination mit hochwertigem agglutinierenden Serum (gewonnen durch vorsichtige Vorbehandlung am Kaninchen mit abgetöteter authentischer Kultur) identifiziert.

Schwieriger — wegen Überwucherung durch fremde Keime — gelingt der Nachweis des Erregers durch Züchtung aus Urin oder noch seltener aus den Fäzes des Patienten, entweder durch direkte Aussaat oder nach Anreicherung in Bouillon auf Drigalski-Conrasi-Agar (vgl. oben). Die Prüfung des agglutinierenden Verhaltens des Krankenserums gegenüber einer Kultur des Bac. melitensis nach Art der Gruber-Widalschen Reaktion gelingt ohne Schwierigkeit; man muß allerdings über eine einwandfreie Testkultur verfügen, die einerseits gut agglutinabel ist, andererseits keine Verklumpung in Kochsalzlösung und keine unspezifische Agglutination in normalem Serum zeigt. Die Gruber-Widalsche Reaktion gegenüber Bac. melitensis ist beweisend, selbst wenn sie nur in hoher Konzentration (1 : 10) des Krankenserums auftritt. Beim Arbeiten mit lebenden Kulturen des Bac. melitensis Vorsicht vor Laboratoriumsinfektionen, die hier besonders häufig vorgekommen sind; die Gefahr ist um so größer, als das Virus sowohl per os als auch seitens kleinster Hautverletzungen aufgenommen werden kann und zudem eine recht hohe Widerstandsfähigkeit gegen Überwucherung durch fremde Keime, z. B. in Abfallstoffen, sowie gegen Eintrocknung aufweist, so daß es in lebendem Zustand auch verstäubbar ist und sowohl durch direkten und indirekten Kontakt wie durch Nahrungsmittel usw. verbreitet werden kann.

In epidemiologischer Beziehung kommen grundsätzlich zwei Formen der Ansteckung in Betracht: 1. die Übertragung seitens des erkrankten Menschen durch seine Exkrete, insbesondere auch anläßlich des Geschlechtsverkehrs; auch Leichterkrankte und Bazillenträger kommen als Ansteckungsquellen in Betracht. 2. Die Infektion seitens erkrankter Tiere, in erster Linie durch Milch von Ziegen, seltener Kühen und anderen

milchenden Tieren, sowie durch Urin und Fäzes dieser und anderer Tiere (Pferde) auf dem Wege des direkten und indirekten Kontaktes, besonders durch Dung.

Die Ansteckungsgefahr durch infizierte Milch ist um so größer, als einerseits das Maltafieber bei den milchenden Tieren fast symptomlos verlaufen kann, in anderen Fällen allerdings mit Abmagerung und Rückgang des Milchertrages einhergeht, und als andererseits der Bac. melitensis wegen seiner bedeutenden Widerstandsfähigkeit sich in Milch und Milchprodukten (Butter, Käse) lange Zeit lebensfähig erhält und so auf große Entfernungen durch Land- oder Seeverkehr verschleppt werden kann. Auch in Deutschland, Österreich, in der Schweiz u. a. sind schon einwandfreie eingeschleppte Fälle von Maltafieber festgestellt worden. Die beherrschende Rolle der Milchinfektion ergibt sich aus der Tatsache, daß die Krankheit unter der britischen Garnison in Malta verschwunden ist, seitdem dort der Gebrauch von Ziegenmilch verboten wurde, während sie innerhalb der dortigen Zivilbevölkerung noch weiter fortbesteht.

Die Ermittelung der Melitensis-Infektion bei Tieren erfolgt durch Züchtung des Erregers aus Blut, Urin, Fäzes und vor allem aus der Milch nach den oben angegebenen Verfahren, ferner durch die gleichfalls bereits besprochene spezifische Seroreaktion des Blutes und die nach demselben Grundsatz angestellte Prüfung der Agglutinationsfähigkeit des Milchserums (Zammit-Test) gegenüber Melitensis-Kultur.

12. Bac. abortus Bang.

Erreger einer auch in Deutschland verbreiteten Tierseuche, namentlich bei Kühen (während bei Stuten Erreger aus der Paratyphus-B-Gruppe in Betracht kommen); ob auch eine Übertragung auf den Menschen vorkommt, ist noch strittig; gegebenenfalls wäre bei menschlichen Abortusfällen und anderen unklaren Erkrankungen an diese Möglichkeit der Infektion, z. B. bei Landwirten, Tierzüchtern u. dgl., zu denken. Der Erreger steht dem soeben besprochenen Bac. melitensis morphologisch, kulturell und serologisch sehr nahe und ist durch diese Methoden von letzterem Bazillus nicht sicher zu unterscheiden. Charakteristisch für den Bac. abortus Bang ist sein eigenartiges Verhalten zum Sauerstoff, indem er bei unmittelbarer Züchtung aus dem Tierkörper weder bei ungehindertem Luftzutritt, noch bei völligem Luftabschluß, sondern nur bei einer gewissen verminderten Sauerstoffspannung, z. B. in Agarschüttelkulturen, in einer Zone etwas unterhalb der Oberfläche, ferner nach dem Verfahren von Ascoli bei gleichzeitiger Verbringung von Oberflächenkulturen mit solchen sauerstoffzehrender Bakterien (Bac. subtilis) in das gleiche luftdicht geschlossene Kulturgefäß wächst.

13. Ulcus-molle-Bazillus (Streptobazillus Ducrey).

Erreger des weichen Schankers; gramnegative, in Diplokokken oder langen Ketten liegende unbewegliche Bazillen, die nur auf blut- oder eiweißhaltigen Nährböden in Gestalt kleiner tröpfchenartiger Kolonien wachsen. Bakteriologische Diagnose durch Nachweis der Bazillen oder durch positiven Ausfall der Cutisreaktion (entzündlicher papulöser Herd nach intrakutaner Infektion von 0,1 ccm einer durch 2stündige Erhitzung auf 60° abgetöteter Emulsion der Reinkultur in Kochsalzlösung mit 0,5% Karbolzusatz). Epidemiologisch ist die Erkrankung stets auf direkten Kontakt mit einem anderen Kranken, meist durch Geschlechtsverkehr, zurückzuführen.

14. Influenzabazillus.

Der Influenzabazillus (R. Pfeiffer) ist der Erreger der Influenza oder Grippe; wenn auch seine ursächliche Bedeutung für diese Infektionskrankheit in letzter Zeit oft angezweifelt worden ist, so ist doch daran festzuhalten, daß einerseits die gegen seine ätiologische Bedeutung vorgebrachten Einwände nicht stichhaltig sind und daß andererseits bisher kein anderer Mikrob mit größerem Recht als Erreger der Grippe gelten kann als der R. Pfeiffersche Influenzabazillus. Wenn in ersterer Beziehung darauf hingewiesen worden ist, daß der Bac. influenzae bei vielen Fällen der Er-

krankung nicht gefunden werden konnte, so kann das, abgesehen von fehlerhafter klinischer Diagnose — (viele Fälle sogenannter „Influenza" sind tatsächlich unspezifischer Natur und dem gewöhnlichen Schnupfen oder Strepto- oder Pneumokokkeninfektionen zuzurechnen) — auf den technischen Schwierigkeiten der Züchtung des Influenzabazillus beruhen und ist in dieser Hinsicht bemerkenswert, daß mit der Anwendung verfeinerter Methodik, z. B. des Levinthalschen Verfahrens (vgl. unten), die positiven Befunde immer häufiger wurden; selbstverständlich ist das Material auch stets in ganz frischem Zustand zu untersuchen, da die Influenzabazillen gegen äußere schädigende Einwirkungen sehr empfindlich sind und außerhalb des infizierten Organismus sehr rasch absterben; zudem sei an ähnliche Erfahrungen negativer Züchtungsergebnisse bei anderen Infektionskrankheiten, z. B. Ruhr, verwiesen, wobei vielleicht besondere, zum Teil noch unerkannte bakterienfeindliche Einflüsse (Mischinfektion, d'Herellesches Agens) eine Rolle spielen mögen. Wenn andererseits behauptet wurde, daß Influenzabazillen auch bei anderen als grippekranken Menschen gefunden worden sind, so ist doch von einer ubiquitären Verbreitung des Influenzabazillus keine Rede; Befunde bei Gesunden kommen nur innerhalb und im Anschluß an Influenzaepidemien vor und sind im Sinne latenter Infektion (Bazillenträger) zu deuten; und wenn gelegentlich auch in epidemiefreier Zeit solche Befunde erhoben worden sind, so würde damit nur ein Postulat der ätiologischen Forschung erfüllt sein; der Grippeerreger, von dem — ganz abgesehen von den Eigenschaften des R. Pfeifferschen Bazillus — aus rein epidemiologischen Beobachtungen feststeht, daß er sehr vulnerabel ist, kann ja überhaupt nur als epiphytischer Schleimhautbewohner sich in epidemiefreier Zeit erhalten. Wie aus diesem harmlosen Epiphyten zur Zeit des epidemischen Auftretens der Grippe ein pathogener Keim wird, das können wir, wenn auch nicht im Einzelfall, so doch in allgemeinen Zügen nach Analogie anderer Infektionskrankheiten verstehen; sprunghaftes Auftreten von Varianten, vielleicht beim Übergang von durchseuchten auf nicht-durchseuchte Völker und Menschenrassen und zurück, Mitwirkung der Mischinfektion kommen hierfür in Betracht.

Was endlich die anderen als vermeintliche Influenzaerreger angesprochenen Mikroben betrifft, so sei hier nur der von Olitzky und Gates gezüchtete an der Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit stehende sogenannte Bac. pneumosintes erwähnt (von manchen Autoren für eine filtrierbare Form des Bac. influenzae gehalten) — der noch am ehesten als Konkurrent des R. Pfeifferschen Influenzabazillus in Betracht kommen könnte, für den aber das vorliegende Material noch viel zu klein ist, um gegenüber dem Bac. influenzae größere Beweiskraft zu beanspruchen. Auch für das Vorhandensein eines ultravisiblen Erregers sprechen bisher keine zwingenden Beweise.

Nach allem können wir immer noch den R. Pfeifferschen Influenzabazillus unter allen anderen in Betracht kommenden Möglichkeiten mit größter Wahrscheinlichkeit als Erreger der Influenza ansprechen.

Die Influenza ist eine Epithelinfektion der Atmungswege; der Influenzabazillus kann zwar von dort aus in die Pleura (Empyem) und in die Meningen verschleppt und sehr selten auch im Blute gefunden werden; zum regelmäßigen Nachweis dient jedoch ausschließlich das bronchitische Sputum. Der Nachweis kann mit großer Wahrscheinlichkeit oft schon morphologisch geführt werden, wenn die Influenzabazillen in großen Haufen, besonders in den eiterigen Flöckchen des Sputums vorhanden sind. Der Influenzabazillus ist gekennzeichnet durch seine sehr geringe Größe (feinste Stäbchen, oft kokkenartige Formen, in Kulturen aber auch Auswachsen zu längeren Fäden), gramnegatives Verhalten, Fehlen der Eigenbewegung.

Sehr charakteristisch ist sein kulturelles Verhalten; der Influenzabazillus wächst nur auf Nährböden, die Blutfarbstoff oder gewisse Abkömmlinge desselben enthalten, wobei es nicht darauf ankommt, ob menschliches oder tierisches Hämoglobin und von welcher Tierart vorliegt; der Influenzabazillus und einige ihm verwandte Bazillen werden daher auch als hämoglobinophil bezeichnet. Wenn manchmal bei Verimpfung von Untersuchungsmaterial direkt aus dem menschlichen Körper auch auf gewöhnlichem oder Aszites-Agar eine Züchtung des Influenzabazillus gelingt, so liegt das daran, daß Spuren von Blutfarbstoff in dem verimpften Sputum, Empyemeiter u. dgl. vorhanden waren; schon bei der nächsten Überimpfung dieser Kolonien auf gewöhnlichen Agar bleibt dann das Wachstum aus. Zur Züchtung der Influenzabazillen bringt man eiterige Teilchen des ganz frisch entleerten bronchitischen Sputums, die man, zwecks Ausschaltung anderer Bakterien, mit schwach erwärmter physiologischer Kochsalzlösung abspülen kann, auf Nähragar, dessen Oberfläche vorher mit Blut bestrichen war. Die Kolonien der Influenzabazillen erscheinen bei Bruttemperatur nach 24—36 Stunden als feinste, nicht konfluierende Tautröpfchen. In der unmittelbaren Nachbarschaft von Staphylokokkenkolonien wird das Wachstum der Influenzabazillen sehr begünstigt und entstehen Riesenkolonien der letzteren. Sehr zweckmäßig ist es, den Nährboden, in Petrischalen gefüllt, auf etwa 10—20 cm vom Munde des Erkrankten gehalten, durch den Patienten anhusten zu lassen, wobei aus den feinsten, ganz frisch ausgehusteten Bronchialtröpfchen besonders leicht Influenzabazillen gewonnen werden können.

Fig. 19. Influenzabazillen in Reinkultur. Aus Flügge, a. a. O. S. 585. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 500.

Man bedient sich hierbei am besten des Levinthalschen Kochblutagars, der nach folgender Vorschrift bereitet wird. Zu verflüssigtem und auf 70° C gehaltenen Nähragar wird tropfenweise defibriniertes Blut im Verhältnis von 1 Tropfen Blut auf 1 ccm Nährboden zugefügt; das Gemisch wird über der Flamme erhitzt bis es hochsteigt, dann schnell abgesetzt; diese Prozedur ist unter Umschütteln noch zweimal zu wiederholen; dann Filtration durch sterile Watte oder Gaze; Filtrat nochmals kurz aufkochen.

Die Influenzakulturen bleiben nur wenige Tage lebensfähig und müssen daher sehr oft auf frischen Nährboden übertragen werden. In älteren Kulturen bilden sich längere Fäden und kolbige Involutionsformen. Die Influenzabazillen sind nicht von einheitlicher Natur, sondern lassen nach ihrem morphologischen und serologischen Verhalten (Agglutination mit hochwertigem Immunserum) mehrere Typen unterscheiden, die aber nicht streng getrennt sind.

Umgekehrt kann auch die agglutinierende Wirksamkeit des Patientenserums, nach Art der Gruber-Widalschen Reaktion, gegenüber Influenzareinkulturen (am besten einem Gemisch mehrerer Typen) zur praktischen Diagnose verwendet werden; ein Agglutinationstiter von 1 : 100 ist dabei schon als beweisend, geringere Titerhöhe als verdächtig anzusehen.

Für die epidemiologische Erforschung der Influenza ist — ganz abgesehen von der oben besprochenen Frage des Erregers — rein aus den Tatsachen der Verbreitung der Epidemien festzustellen, daß die Influenza sich nur von Mensch zu Mensch, im wesentlichen durch direkten Kontakt und Tröpfcheninfektion verbreitet, und eine (gelegentlich von Laien immer noch behauptete) Verschleppung durch Staub oder durch die Luft auf größere Entfernungen absolut ausgeschlossen ist. Die Influenza reist nicht schneller als der menschliche Verkehr; selbst inmitten großer Epidemien bleiben geschlossene Anstalten, Dörfer im Hochgebirge u. dgl. so lange verschont, als nicht durch menschlichen Verkehr eine Beziehung zu Influenza-

kranken oder -bazillenträgern hergestellt ist. Für die indirekte Infektion können bei der geringen Haltbarkeit des Virus nur Taschentücher, Bett- und Leibwäsche, Eß- und Trinkgeschirr in Betracht kommen.

15. Bac. conjunctivitidis Koch-Weeks.

Dem Influenzabazillus morphologisch und kulturell sehr ähnlich; manche Autoren vertreten neuerdings den Standpunkt, daß diese beiden Keime identisch seien. Gegen diese Identitätslehre spricht — abgesehen davon, daß der Koch-Weekssche Bazillus nicht so ausschließlich an Blutfarbstoff gebunden ist, sondern auch auf Aszitesagar gedacht — vor allem das epidemiologische Verhalten; beide Epidemien laufen ganz unabhängig nebeneinander her, und die Koch-Weekssche Konjunktivitis ist in manchen Ländern (Ägypten, Nordamerika) dauernd endemisch, ohne jede Beziehung zum Kommen und Gehen der Influenzaepidemien.

Diagnose durch das charakteristische morphologische Verhalten.

In epidemiologischer Beziehung spielen direkter und indirekter Kontakt die wichtigste Rolle, letzterer vor allem in Form der Übertragung durch Fliegen. Hierauf, sowie auf mechanischer Reizung durch Staub während der trockenen Jahreszeit (wodurch der folgenden Kontaktinfektion der Weg bereitet wird) beruhen die an manchen Orten festgestellten jahreszeitlichen Unterschiede in der Verbreitung der Krankheit. Der Erreger ist viel zu anspruchsvoll bezüglich seiner Wachstumsbedingungen und viel zu vulnerabel, insbesondere gegen Eintrocknung, um sich in der Außenwelt längere Zeit lebend zu erhalten.

16. Anhangsweise seien einige andere Erreger von Bindehautentzündungen genannt; bezüglich der Gonokokken und Diphtheriebazillen sei auf die betreffenden Kapitel verwiesen; der **Diplobazillus Morax-Axenfels** ist an anderer Stelle des Körpers nicht bekannt; er ist ein grampositives ziemlich plumpes Doppelstäbchen, das nur auf eiweißhaltigen Nährböden wächst und gleichfalls ausschließlich durch Kontakt übertragen wird.

17. Keuchhustenbazillus (Bordet-Gengou).

Erreger des Keuchhustens, dem Influenzabazillus sehr ähnlich, jedoch oft mit Polfärbung, Wachstum auf Aszites- oder Blutagar, am besten auf Kartoffel-Blutagar, der folgendermaßen hergestellt wird:

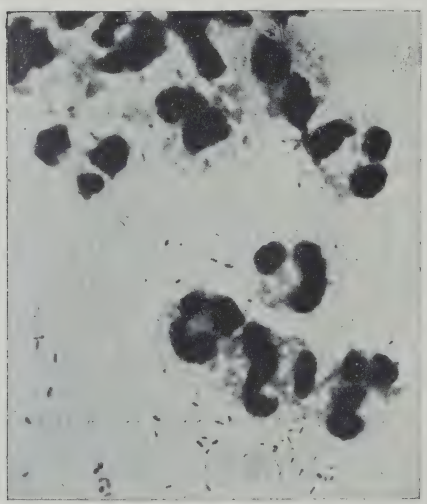


Fig. 20. Keuchhustenbazillen im Ausstrich aus Sputum. Aus Friedberger und Pfeiffer, a. a. O. S. 752. Vergr. 1 : 1000.

500 g geschälte und in Scheiben geschnittene Kartoffeln werden in 1 l 4%iger wässeriger Glyzerinlösung zu Mus gekocht, dann durch ein Sieb und ein Seihtuch gepreßt. Extrakt mit der dreifachen Menge dest. Wasser und mit 0,6% NaCl versetzen und aufkochen; zu je 100 ccm dieser Lösung 3 g Agar zusetzen, im Autoklav lösen, neutralisieren; unmittelbar vor Gebrauch gleiche Mengen dieses lange Zeit haltbaren Kartoffelagars mit defibriniertem Blut ana unter leichtem Schütteln mischen und auf 100 ccm des Gemisches 0,75 ccm Normal-Milchsäure hinzusetzen.

Man läßt den in Petrischalen ausgegossenen Kartoffelblutagar direkt vom Kranken anhusten und erhält so im Stadium catarrhale in fast 80% der Fälle Kolonien des Keuchhustenbazillus, während der Erreger im Stadium convulsivum (das in erster Linie auf nervöser Grundlage

beruht), meist fehlen. Diese Feststellung stammt mit der epidemiologischen Erfahrung überein, daß der Keuchhusten fast nur im Stadium catarrhale ansteckend ist. Beim Kaninchen läßt sich durch intratracheale Infektion mit dem Bordet-Gengouschen Bazillus das typische Bild des Keuchhustens hervorrufen. Wegen der Vulnerabilität des Erregers kommt (wie bei Influenza) nur Kontakt auf direktem, seltener indirektem Wege in Betracht.

18. Schweinerotlaufbazillus.

Erreger einer wundrosenähnlichen Erkrankung der Schweine, die auch auf den Menschen durch Hautverletzungen (bei Metzgern, Viehzüchtern usw.) in derselben klinischen Form übertragbar ist. Nachweis in dem durch Skarifikation der befallenen Hautstellen gewonnenen Gewebssaft durch folgende charakteristische Eigenschaften: Feine schlanke, aber ziemlich lange, grampositive Stäbchen, nicht eigenbeweglich; auf Agar tautröpfchenartige Kolonien; in Gelatine (besonders in der Stichkultur) sehr charakteristisches Wachstum ohne Verflüssigung, mit feinsten radiär in den Nährboden eindringenden Fortsätzen. Im Tierversuch (subkutane Verimpfung auf weiße Maus) septikämische Verbreitung in allen Organen; die Kapillaren sind mit den Stäbchen ganz vollgestopft. — Bei Verimpfung fauliger Organe kann Verwechslung mit dem sehr ähnlichen (identischen?) Bazillus der Mäuseseptikämie eintreten. — Epidemiologisch: Ermittelung der tierischen Infektionsquelle. —

19. Rotzbazillus.

Erreger einer besonders bei Pferden, Eseln und Maultieren, seltener bei Ziegen, Hunden und Katzen vorkommenden Tierseuche, die gelegentlich auch auf den Menschen übergeht und dann von Mensch zu Mensch übertragen werden kann. Auch Laboratoriumsinfektionen mit Rotzkulturen sind mehrfach vorgekommen, teils durch Tröpfcheninfektion, teils durch Aufnahme des Virus von der Haut aus, wobei ähnlich, wie bei Pest (vgl. oben S. 557), die Infektion auch durch die unverletzte Haut zustande kommen kann. Die Laboratoriumsarbeiten mit rotzigem Material unterliegen daher in Deutschland besonders strengen gesetzlichen Bestimmungen (vgl. Bd. 1, S. 497f.).

Die Rotzkrankheit kommt sowohl bei Tieren wie beim Menschen in verschiedenen Formen vor. Beim Tier ist die offene Infektion der oberen und tieferen Atmungswege von der geschlossenen Form der Lymphdrüsenerkrankung zu unterscheiden; letztere wird wegen der länglichen Form der durch die Haut sichtbaren reihenweise zusammenhängenden Krankheitsherde auch als „Wurm“ bezeichnet. Die offene Form der Rotzerkrankung beim Tier zeigt entweder einen akuten oder chronischen Verlauf. Der akute Rotz ist in den oberen Atmungswegen lokalisiert und weist vor allem Geschwüre mit eiterigem Ausfluß in der Nasenhöhle auf; weitaus häufiger ist die chronische Rotzerkrankung, charakterisiert durch Knötchenbildungen in den Lungen. Auch der menschliche Rotz verläuft entweder in akuter oder in chronischer Form; erster unter dem Bilde eiteriger Prozesse in den oberen Atmungswegen, pustulöser Ausschläge an Haut und Schleimhäuten und pyämischer Abszesse vor allem im Unterhautzellgewebe und in den Muskeln, der chronische Rotz als protrahierte Pyämie mit Lymphangitis, ähnlich wie der oben erwähnte „Wurm“ beim Pferde.

Der direkte mikroskopische Nachweis des Erregers in den Krankheitsprodukten gelingt häufig nicht, weil die Bazillen nur in spärlicher Zahl vorhanden sein können, bzw. zur Zeit der Untersuchung schon abgestorben sind; die Rotzbazillen sind schlanke, unbewegliche, oft etwas unregelmäßig geformte und gefärbte Stäbchen, zum Teil verbogen oder

mit kolbigen Enden oder hellen Vakuolen, gramnegativ und auch mit den einfachen Färbungen oft nicht ganz leicht darstellbar; in älteren Kulturen finden sich lange Fäden und echte Verzweigungen als Ausdruck der Verwandtschaft des Rotzbazillus mit Streptotricheen und Fadenpilzen. Die Züchtung der Rotzbazillen auf künstlichen Nährböden gelingt oft bei der ersten Aussaat aus dem befallenen Organismus nur schwierig; der Rotzbazillus gedeiht nur bei Luftzutritt und fast nur bei Bruttemperatur; auf Gelatine findet nur ein sehr langsames und kümmerliches Wachstum statt; als besonders geeignete Nährmedien erweisen sich Blutserum und Glyzerinagar, auf denen die Kolonien zuerst als durchscheinende, später grau getrübte Tropfen erscheinen; ältere Kulturen, besonders auf Kartoffeln, zeigen eine gelbe bis bräunliche Verfärbung. Zum Nachweis des Rotzbazillus durch den Tierversuch eignen sich vor allem Katzen (gefährliches Experimentieren!). demnächst Meerschweinchen, sowie Feld-, Wald-, Wühl- und Zieselmäuse, während Ratten und weiße sowie graue Hausmäuse unempfänglich sind. Ein sehr charakteristischer Befund entwickelt sich nach intraperitonealer Infektion oder Verbringung des Virus in das subkutane Gewebe in der Bauchgegend bei männlichen Meerschweinchen; neben Infiltration und Vereiterung an der Injektionsstelle kommt es binnen etwa 1 Woche zu einer eiterigen Infiltration der Tunica vaginalis des Testikels („Straussche Reaktion"), sowie zur Bildung pseudotuberkulöser Herde in Milz, Leber und Lunge. Allerdings sind einerseits diese Veränderungen nicht streng spezifisch für Rotz und muß daher die Natur der darin gefundenen Bazillen durch Agglutination mit Immunserum gesichert werden; andererseits kann der Meerschweinchenversuch bei Verimpfung weniger stark virulenten Materials, besonders aus alten Prozessen, auch negativ ausfallen oder erst nach mehreren Wochen ein mehr chronisches Krankheitsbild entstehen. Am zuverlässigsten sind die Immunreaktionen. Zunächst ist hier die Malleinreaktion zu nennen, die ganz analog der später (S. 581) zu besprechenden Tuberkulinprobe verläuft; nach subkutaner Injektion von nur wenigen Milligramm des als Mallein bezeichneten, käuflichen Kulturfiltrats der Rotzbazillen kommt es beim Rotzkranken zu einer lokalen und allgemeinen Reaktion, bestehend in Fieber und entzündlicher Reaktion der lokalen Krankheitsherde, während beim Gesunden jede Reaktion ausbleibt. Die Malleinprobe kann auch, besonders als orientierendes Verfahren bei Durchuntersuchung größerer Tierbestände, in Form der Konjunktivalreaktion angestellt werden; nach Einträufeln des Malleins in den Bindehautsack entsteht eine starke lokale entzündliche Reaktion; die Probe fällt aber oft auch bei Rotz negativ aus. Ferner liefert die Prüfung des Krankenserums auf Agglutination gegenüber Rotzkulturen brauchbare Ergebnisse, vor allem schon im Frühstadium der Krankheit, wenn die anderen serologischen Proben noch negativ ausfallen. Letzteres gilt auch von der sonst, auch beim menschlichen Rotz, als empfindlichste Methode bewährten Komplementbindungsreaktion, die nach Analogie der Wassermann-Reaktion (vgl. später S. 595ff.) angestellt wird; man läßt zunächst Extrakt aus Rotzbazillenkultur auf inaktiviertes Patientenserum bei Gegenwart von Komplement ½ Stunde bei 37° einwirken und beobachtet dann in der zweiten Phase des Versuchs, ob das

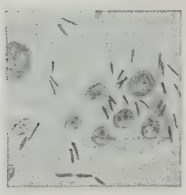


Fig. 21. Rotzbazillen im Eiter. Aus Flügge, a. a. O. S. 553. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 500.

Komplement gebunden (positiver Ausfall der Reaktion) oder nicht vorhanden (negativer Ausfall), entweder wie bei der Wassermann-Reaktion durch Hinzufügen des hämolytischen Systems (Hammelblutkörperchen und hammelblutlösender Ambozeptor) oder durch die sogenannte Konglutinationsreaktion (vgl. Bd. 1, S. 538).

20. Diphtheriebazillus.

Erreger einer durch Bildung von fibrinösen Pseudomembranen charakterisierten menschlichen Erkrankung gewisser Schleimhäute, in erster Linie der oberen und tieferen Luftwege (Rachen, Tonsillen, Mund- und Nasenhöhle, Kehlkopf, Luftröhre, Bronchien und ihren Verzweigungen bis in die Lungen), seltener der Augenbindehaut, der äußeren Geschlechtsteile, sowie von Wunden, besonders der Nabelinfektion beim Neugeborenen. Der diphtherische Prozeß kann zwar flächenhaft weit ausgebreitet sein, geht aber meist nicht in die Tiefe; vor allem finden sich die Di-Bazillen nur selten im Blut, in den inneren Organen und den Exkreten (relativ oft noch im Urin). Die Ansteckung wird von Mensch zu Mensch durch direkten Kontakt oder Tröpfcheninfektion oder indirekt durch Vermittelung von Gebrauchsgegenständen, Eß- und Trinkgeschirr, Wäsche u. dgl. übertragen, wozu der Erreger wegen seiner ziemlich bedeutenden Widerstandsfähigkeit gegenüber Eintrocknung und Konkurrenz der Saprophyten besonders befähigt ist. Verwechslung der echten durch den Löfflerschen Bazillus verursachten Diphtherie kann in schweren Fällen vor allem mit Streptokokken-Anginen zustande kommen (z. B. sogenannte „Scharlachdiphtherie", wobei allerdings manchmal Mischinfektionen mit beiden Erregern vorliegen); leichte Diphtheriefälle verlaufen öfters mit so geringfügigen Krankheitserscheinungen, daß sie oft übersehen werden und die Grenze zwischen solchen leichtesten Erkrankungen und latenter Infektion ganz verwischt werden kann. Rechtzeitige Erkennung der echten Diphtherie und Unterscheidung von andersartigen Erkrankungen liegt vor allem im Interesse der Serumtherapie, die am ersten Tag der Erkrankung einen fast unbedingten Heilerfolg verbürgt, während bei verspäteter Injektion die Aussichten für die Heilung von Tag zu Tag ungünstiger werden und die Letalität ohne Antitoxindarreichung behandelter Fälle schon am 4. Krankheitstage fast 40% beträgt: dazu kommen die unter Umständen erst nach Wochen auftretenden Spätwirkungen des Diphtheriegiftes (Herzlähmung, Akkommodationslähmung u. a.). Sichere und rasche Erkennung der Diphtherie ist nur durch die bakteriologische Untersuchung möglich, der außerdem folgende weitere bedeutsame Aufgabenzufallen: Feststellung desfür die Bekämpfungsmaßnahmen maßgebenden Zeitpunktes der Genesung im bakteriologischen Sinne, die mit der klinischen Genesung keineswegs zeitlich zusammenzufallen braucht, Ermittelung der sonstigen latent infizierten Personen (Bazillenträger), die überhaupt nicht klinisch erkrankt gewesen sind, endlich auf immunbiologischem Wege Ermittelung der gegenüber Diphtherie besonders empfänglichen Individuen, die in ihrem Blut keine Schutzstoffe enthalten (durch die Schicksche Probe).

Der Nachweis der Diphtheriebazillen zur Diagnose von Diphtherieerkrankungen und Bazillenträgern erfolgt in erster Linie auf Grund ihres charakteristischen morphologischen Verhaltens, im Zweifelsfalle durch Prüfung ihrer Tierpathogenität und durch ihre kulturellen Merkmale; serologische Reaktionen, vor allem die Agglutination, sind hier praktisch nicht brauchbar, weil sich in dieser Beziehung auch die echten Di-Bazillen

nicht einheitlich verhalten. Zur Prüfung auf das morphologische Verhalten genügt in der Mehrzahl der Fälle das Originalausstrichpräparat aus den Krankheitsherden noch nicht, da die Di-Bazillen darin meist in zu geringer Zahl, unter Umständen vermischt mit anderen ähnlichen Bazillen vorkommen; ein solches direktes Ausstrichpräparat kann höchstens eine Verdachtsdiagnose gestatten; zur endgültigen Beurteilung ist meist eine vorherige Anreicherung der Di-Bazillen auf geeigneten elektiven Nährböden erforderlich. Für die Probeentnahme sind folgende praktischen Winke zu berücksichtigen: In den oberflächlichen schmierigen Schichten der Pseudomembranen und infizierten Schleimhäute können die Di-Bazillen durch Mischinfektion mit Streptokokken oder durch banale Mundbakterien überwuchert sein und unter Umständen ganz fehlen, während sie in den tieferen fibrinösen Schichten reichlich vorhanden sind; man wische mit einem sterilen Wattetupfer den oberflächlichen schmierigen Belag zunächst ab und entnehme dann mit einem zweiten solchen Tupfer von den tieferen Schichten der Schleimhautherde; am besten sendet man beide Tupfer zur bakteriologischen Untersuchung ein. Selbstverständlich darf nicht etwa kurz vor der Entnahme eine antiseptische Spülung vorangegangen sein. Man versäume nie, bei scheinbarem Freisein des Rachens und der Mundhöhle von verdächtigen Auflagerungen auch Kehlkopf und die tieferen Luftwege einerseits, sowie vor allem die Nasenschleimhaut andererseits zu untersuchen; letztere Proben sind insbesondere für die Ermittelung latenter Infektion sehr wichtig, da sich diese in der Nase oft besonders lange Zeit und in eigenartiger Form (chronisches Nasendiphtheroid) erhält. Zur Entnahme dienen kleine sterile Wattetupfer, die an Draht oder Holzstäbchen in sterilen starkwandigen Glasröhrchen, mit Korkstopfen verschlossen, sich befinden. Die Proben können mit der Post an das nächste Untersuchungsamt versendet werden, ohne daß die Di-Bazillen, die gegen Austrocknung und Konkurrenz fremder Keime ziemlich widerstandsfähig sind, in ihrer Lebensfähigkeit und Virulenz leiden. Von dem so beschickten Wattetupfer wird einerseits ein direkter Objektträgerausstrich (vgl. oben) angelegt, andererseits auf den von Löffler angegebenen elektiven Nährboden verimpft. Letzterer besteht aus einem Gemisch von 3 Teilen Hammel- oder Rinderserum (andere Sera sind weniger geeignet) und 1 Teil 1%iger Traubenzuckerbouillon, das in Schrägröhrchen oder in Petrischalen gefüllt und (am besten in einem besonderen Serumerstarrungsofen) durch Erhitzung auf 100° zur Koagulation gebracht wird; vgl. betreffs der technischen Einzelheiten, sowie der Haltbarmachung des Serums zur längeren Aufbewahrung in Bd. 1 dieses Handbuches S. 430f. Die Kulturen auf Löfflerserum werden im Brutschrank zweckmäßig nur bei 35° C, nicht bei 37° gehalten, weil bei letzterer Brutwärme die Körnchenfärbung nach M. Neißer (vgl. unten) weniger gut gelingt. Die Untersuchung der Kulturen kann schon nach 6—8 Stunden erfolgen, am besten durch Klatschpräparate von Serumplatten; die Di-Bazillen zeigen dann bereits alle ihre charakteristischen morphologischen Merkmale, mit Ausnahme der Polkörnchen, deren Ausbildung erst nach etwa 14 Stunden erfolgt. Die Präparate aus den jungen (6—8stündigen) Kulturen werden daher noch nicht nach M. Neißer, sondern am besten nur mit verdünnter Karbolfuchsinlösung gefärbt und erscheinen dann als lange schlanke, oft etwas gekrümmte Stäbchen, deren Länge bei den typischen Formen den Dickendurchmesser um das 5fache übertrifft und die sich durch unregelmäßige Lagerung, Gestalt und Färbbarkeit auszeichnen. Die

Prüfung auf Eigenbewegung kommt praktisch nicht in Betracht, da Eigenbewegung und Geißeln nicht nur den echten Di-Bazillen, sondern auch sämtlichen diphtheroiden Stäbchen fehlen. Die typische Lagerung ist vergleichbar dem Bilde, das entsteht, wenn man die ausgespreizten Finger beider Hände in verschiedenen Stellungen der Hände übereinander legt, oder etwa der Lagerung von Streichhölzern, die man aus ihrer Schachtel auf die Tischplatte verstreut; regellose lockere Lagerung mit Winkelstellung der einzelnen Bazillen zueinander (V- und Y-Formen) ist für Di-Bazillen charakteristisch, während andererseits parallele palisadenartige Anordnung der Stäbchen dicht gepackt nebeneinander oder in kettenartigen Verbänden hintereinander oder Scheinfäden durchaus gegen die Diagnose „Di-Bazillen" sprechen würde. Die unregelmäßige für Di-Bazillen charakteristische Gestalt tritt durch verschiedene Länge und Dicke, Keil- und Kolbenformen, sowie Wechsel zwischen geraden und leicht gekrümmten Stäbchen zutage, die

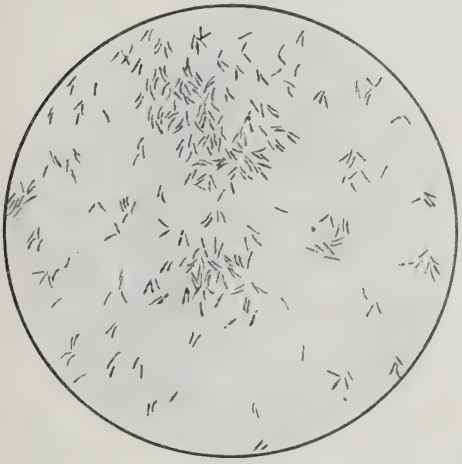


Fig. 22. Diphtheriebazillen in Reinkultur, Färbung nach Gram. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 239. Vergr. 1 : 500.

Fig. 23. Pseudodiphtheriebazillen in Reinkultur, Färbung nach Gram. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 241. Vergr. 1 : 500.

ungleichmäßige Färbbarkeit durch Auftreten von Vakuolen und stärkeren färbbaren Anteilen, letztere insbesondere bei der sogleich zu besprechenden M. Neißerschen Polkörnchenfärbung, sowie durch unvollständige Gramfestigkeit, in dem Sinne, daß gegenüber der klassischen Gramfärbung der Di-Bazillus sich zwar positiv verhält, nach längerer Jodbehandlung (5 Minuten) und Entfärbung mit Alkohol (15 Minuten) jedoch die violette Farbe abgibt und dann in der Kontrastfarbe (Fuchsin) dargestellt werden kann; doch ist diese sogenannte Langersche Färbung nicht so zuverlässig wie die M. Neißersche Färbung.

Das Wesen der letzteren besteht darin, daß gewisse Anteile des Bakterienleibes in Körnchenform, vor allem an den Polen angeordnet, die eine besondere Affinität zum Farbstoff zeigen, sich schon bei Anwendung sogenannter farbschwacher Lösungen (deren Färbkraft durch besondere Zusätze, hier Säure, herabgesetzt ist) färben, während der Rest des Bazillenleibes noch ungefärbt bleibt und sich nachträglich in einer Kontrastfarbe darstellen läßt. Echte Di-Bazillen zeigen regelmäßiges Vorhandensein von (meist 2) Körnchen im Bazillenleib, diphtherieähnliche Bazillen zeigen keine oder nur seltene Körnchenbildung in vereinzelten Exemplaren.

Färbung nach M. Neisser: 1. Das in herkömmlicher Weise durch die Flamme fixierte Präparat wird 15 Sekunden mit einer Mischung von 2 Teilen Lösung a) und 1 Teil

Lösung b) gefärbt. Lösung a): Methylenblau (Grübler) 1,0 g gelöst in 20 ccm Alkohol absolutus, mit 950 ccm destilliertem Wasser und 50 ccm Eisessig versetzt; Lösung b): Kristallviolett (Höchst) 1,0 g gelöst in 10 ccm absolutem Alkohol und mit 300 ccm destilliertem Wasser vesetzt.

2. Man läßt die blauviolette Farblösung ablaufen und färbt ohne Wasserspülung mit Chrysoidinlösung (2 g in 300 ccm heißem destillierten Wasser) 15 Sekunden nach; kurz mit Wasser spülen, mit Filterpapier trocknen usw.

Nach der Modifikation von Gins, die wegen der stärkeren Färbung und leichteren Auffindbarkeit der Bazillenleiber besonders für direkte Ausstriche aus den Pseudomembranen geeignet ist, wird zwischen den beiden Färbeakten kurzdauernde (2—3 Sekunden) Behandlung mit Lugolscher Lösung + 1% Milchsäure eingeschaltet; danach gründliche Wasserspülung. In sehr deutlicher Weise lassen sich die Polkörnchen auch durch Färbung nach Giemsa darstellen (vgl. Bd. 1, S. 382).

Fig. 24. Diphtheriebazillen, Polkörnchenfärbung nach M. Neißer. Aus Friedberger u. Pfeiffer, a. a. O. Bd. 2, S. 788. Vergr. 1 : 1000.

Bei der Untersuchung der Kulturen auf Löfflerschem Serum für die praktische Diphtheriediagnose geht man — abweichend von den sonst üblichen Gepflogenheiten in der bakteriologischen Technik — zunächst nicht darauf aus, isolierte Kolonien zur Anlegung aus Reinkulturen zu gewinnen, sondern — im Sinne eines Anreicherungsverfahrens — überhaupt den Nachweis der Di-Bazillen im Ausstrichpräparat, selbst inmitten zahlreicher anderer Bakterien zu erbringen; man entnimmt daher zur Anlegung der Präparate möglichst reichliches Material durch Abstrich von der ganzen Kulturfläche (Schmierkultur). Erst wenn die genannten Färbeverfahren und auch der Tierversuch kein eindeutiges Resultat ergeben haben und die Anlegung von Reinkulturen auf verschiedenen Nährböden (vgl. weiter unten) erforderlich wird, sucht man isolierte Kolonien auf Löffler-Serumplatte oder noch sicherer (wegen der Durchsichtigkeit des Nährbodens) auf 5%igem

Glyzerin-Agar zu gewinnen. Die Anwendung dieser verschiedenen Kulturverfahren hat meist nur theoretisches Interesse, etwa wenn es sich um die Unterscheidung von avirulenten echten Di-Bazillen von Pseudodiphtheriebazillen handelt (vgl. unten); für die Praxis sind diese Kulturverfahren meist schon deshalb ohne große Bedeutung, weil sie zu spät kommen und weil gerade in diesen kulturellen Merkmalen der Di-Bazillus in recht weitem Ausmaß dem Variieren unterworfen ist. Folgende kulturellen Prüfungen sind verwendbar:

Untersuchung auf Veränderung der Reaktion durch Titration mit n/10-Lauge gegen Phenolphthalein; am besten in gekochtem, schwach alkalisiertem Fleischwasser aus frischem Fleisch, weniger gut in Nährbouillon, die hier die Titration wegen der gelben

Fig. 25. Pseudodiphtheriebazillen ohne Polkörnchen. Färbung nach M. Neisser. Aus Friedberger und Pfeiffer, a. a. O. Bd. 2, S. 809. Vergr. 1 : 1000.

Eigenfarbe erschwert. Echte Di-Bazillen (aber auch manche Xerosebazillenstämme!) bilden in 24—48 Stunden in 10 ccm Fleischwasser 0,4—1,0 ccm n/10-Säure, Pseudodiphtheriebazillen meist nur 0,2—0,4 ccm. Ohne Titration läßt sich die Reaktionsänderung schon nach 24 Stunden sichtbar machen im Thielschen Nährboden, enthaltend auf 100 ccm destilliertes Wasser je 1,0 g Pepton, Nutrose und Traubenzucker, 0,5 g NaCl, 0,5 ccm Lackmuslösung (Kahlbaum), und nach Erreichung des Lackmusneutralpunktes mit 2 ccm 1%iger Lösung von kristallisiertem Soda alkalisiert.

Verimpfung in alkalischen Traubenzuckeragar in hoher Schicht (Nähragar mit 1,5% Traubenzuckergehalt und 12,5% Zusatz von 10,6 %iger Sodalösung über den Lackmusneutralpunkt hinaus); Di-Bazillen wachsen fakultativ anaërob, die meisten Pseudodiphtheriebazillen nicht.

Vergärung von Zuckerarten: Di-Bazillen vergären Maltose, aber keine Saccharose.

Wachstum auf Agar mit Zusatz von Na oleinicum (0,4 ccm einer 10 %igen Lösung mit 20 ccm Agar vermischt und zu Platten gegossen) bleibt bei Diphtheriebazillen aus, während Pseudodiphtheriebazillen wachsen.

Verwechslung der echten Di-Bazillen kommt praktisch hauptsächlich in Betracht einerseits mit den sogenannten Pseudodiphtheriebazillen, die als harmlose Epiphyten bei vielen Menschen auf den Schleimhäuten der oberen Atmungswege, besonders in der Nase leben, andererseits mit den Xerosebazillen von der menschlichen Augenbindehaut, so genannt wegen der trockenen Beschaffenheit ihrer nur kümmerlich auf Löfflerserum wachsenden Kulturen. Die viel diskutierte Frage nach dem Verhältnis der echten Di-Bazillen zu diesen sogenannten diphtheroiden Stäbchen ist praktisch ziemlich bedeutungslos; zweifellos bestehen phylogenetische Verwandtschaftsbeziehungen, die dadurch zum Ausdruck gelangen, daß Di-Bazillen durch Tierpassage und längerem Aufenthalt auf menschlichen und tierischen Schleimhäuten aller ihrer charakteristischen (morphologischen und biologischen) Merkmale, einschließlich der Toxinbildung entkleidet werden können, so daß sie sich dann von Pseudodiphtheriebazillen nicht mehr unterscheiden lassen; andererseits kommt Rückverwandlung von diphtheroiden Stäbchen in echte Di-Bazillen praktisch nicht in Frage. Außerdem zeigt die Epidemiologie (was meist viel zu wenig beachtet wird!), daß Pseudodiphtheriebazillen fast unterschiedslos, echte Di-Bazillen hingegen auch in ihrer latenten Existenz nur an die Umgebung des Diphtheriekranken gebunden vorkommen. Die neueren Preußischen Bestimmungen über die Behandlung von Di-Bazillenträgern in der Schule tragen diesen biologischen Erkenntnissen Rechnung, indem solche Personen, bei denen Di-Bazillen länger als 12 Wochen gefunden werden, aufs neue zum Schulbesuch zugelassen werden können; die dieser Bestimmung zugrunde liegende Annahme, daß während dieser Zeit ein hinreichender Virulenzverlust der latenten Di-Bazillen stattfindet, hat sich nach den praktischen Erfahrungen bewährt.

Für den Praktiker ist — wenigstens bei der Untersuchung der Rachen- und Kehlkopfdiphtherie — das charakteristische morphologische Bild, insbesondere der positive Ausfall der M. Neißerschen Polkörnchenfärbung ausschlaggebend; bei unklarem Befund (z. B. typische Lagerung, aber fehlender oder spärlicher Körnchennachweis) und vor allem bei jeder Lokalisation des diphtherischen Prozesses außerhalb von Rachen und Kehlkopf (Augen-, Nasen-, Wund-, Genital-, Hautdiphtherie), ist der Tierversuch entscheidend, der, um Zeit zu ersparen, wenigstens in Form der intrakutanen Probe schon mit den unmittelbar aus dem Ausgangsmaterial gewonnenen Schmierkulturen angestellt werden kann, ohne die Gewinnung von Reinkulturen abzuwarten; etwaige in diesen Schmierkulturen enthaltene fremde Keime, selbst pathogener Natur, sind in der Regel nicht störend, weil ihre etwaige Wirkung durch die sogleich zu besprechende Gegenprobe mit gleichzeitiger Verimpfung von Diphtherie-Antitoxin ausgeschaltet wird. Der Tierversuch zu praktisch-diagnostischen Zwecken wird nur an Meerschweinchen, und zwar in folgenden zwei Formen angestellt:

Subkutane Verimpfung einer tödlichen Dosis: eine Platinöse einer 1—2tägigen Serumkultur oder 0,2—1,0 ccm Bouillonreinkultur wird in eine Hauttasche verimpft; bei Vorhandensein echter virulenter Di-Bazillen entsteht ein starkes Infiltrat an der Impfstelle und das Tier geht binnen 3—4 Tagen zugrunde; Di-Bazillen nur an der Eintrittspforte, Organe steril, Pleuraerguß, starke Schwellung und dunkle Rötung der Nebennieren, letztere beiden Veränderungen als Ausdruck reiner Giftwirkung ohne Vorhandensein lebender Bazillen. Ein Kontrollversuch mit gleichzeitiger Injektion von etwa 10—100 I.-E. (Immunitätseinheiten) von Di-Antitoxin bei einem zweiten Tier zeigt negativen Befund. Diphtheroide Stäbchen machen ent-

weder gar keine oder nur schwache Herdreaktion, im letzteren Falle dann auch bei Anwesenheit des Heilserums.

Intrakutane Verimpfung (nach vorgängiger Enthaarung durch Aufbringung eines Breis von Calcium- oder Strontiumsulfid) einer nichttödlichen Dosis, etwa 0,05—0,1 ccm einer Kulturaufschwemmung oder einer Bouillonkultur setzt, wenn es sich um echte Di-Bazillen handelt, binnen 3—4 Tagen eine lokale Quaddel, die später von Nekrotisierung gefolgt ist; Kontrollversuch mit gleichzeitiger Antitoxindarreichung negativ. Das Verfahren ist billig, da es die gleichzeitige Prüfung mehrerer (bis 6) verdächtiger Kulturen an einem und demselben Versuchstier ermöglicht.

Schwierigkeiten können für die praktische Diagnose dann entstehen, wenn bei sehr spärlichem Bazillenbefund oder beim Vorhandensein entwicklungshemmender Faktoren, besonders bei Nachuntersuchungen des Genesenen und Untersuchungen auf Ansteckungsverdacht in der Umgebung des Kranken das Wachstum der Di-Bazillen ausbleibt oder sehr zurückgehalten wird; dann hilft oft, die Kultur bis 48 Stunden zu bebrüten und andererseits von der 24stündigen Kultur eine neue Kultur abzuimpfen und wiederum nach 24 Stunden zu untersuchen. Man vergesse nicht, in solchen Fällen stets Proben aus der Nase zu entnehmen (vgl. oben S. 570).

Besondere praktische Bedeutung hat in neuerer Zeit das Schicksche Verfahren erlangt, bei dem es sich darum handelt, nicht die Di-Bazillen selbst, sondern die gegen ihr Toxin gerichteten Antitoxine im menschlichen Körper nachzuweisen. Personen, die eine genügende Menge von Antitoxin in ihren Geweben enthalten, sind gegen Diphtherieinfektion weitgehend geschützt, während solche ohne Antitoxingehalt der Ansteckung gegenüber empfindlich sind und gegebenenfalls bei Vorhandensein von Ansteckungsträgern in ihrer Umgebung in erster Linie des Schutzes durch prophylaktische Di-Serum-Injektion bedürfen.

Die Schicksche Probe wird in der Weise angestellt, daß eine sehr kleine, für den Gesamtorganismus ungefährliche Dosis von Di-Toxin, entsprechend etwa $^1/_{50}$ der für ein Meerschweinchen von 250 g tödlichen Minimaldosis, in 0,1 ccm Bouillon mit einer feinen Nadel intrakutan, z. B. am menschlichen Arm, injiziert wird; falls der Antitoxingehalt des Blutes weniger als 0,03 I.-E. in 1 ccm beträgt, so kommt es nach 4 Stunden zur Bildung einer Quaddel, die nach 24—48 Stunden ihre stärkste Ausbildung und einen entzündlichen Hof von 10—25 mm Durchmesser zeigt; durch gleichzeitige Anlegung eines zweiten intrakutanen Herdes mit erhitztem Di-Gift werden unspezifische Pseudoreaktionen ausgeschaltet.

Für die epidemiologische Erforschung der Diphtherie ist die Ermittelung einerseits der Ansteckungsquelle von klinisch Erkrankten (eventuell atypischen Fällen) oder Bazillenträgern, andererseits der nach Ausweis der Schickschen Probe besonders empfänglichen Individuen wichtig. Als Infektionswege kommen in erster Linie Tröpfcheninfektion und Kontakte, auch indirekter Natur (durch Wäsche, Eß- und Trinkgeschirr, sonstige Gebrauchsgegenstände), in Betracht, da die Di-Bazillen, obgleich sporenlos, doch gegen schädigende Einwirkungen ziemlich widerstandsfähig sind; auch durch Nahrungsmittel, vor allem Milch, kann das Virus verbreitet werden. Trockener Staub kommt für die Übertragung des Virus kaum in Frage, da die infektiösen Ausscheidungen wegen ihrer klebrig-schleimigen Beschaffenheit kaum unter praktischen Verhältnissen in Staubform übergeführt werden. Als Eintrittspforte dienen in erster Linie die oberen Atmungswege, wobei Erkältung und vermehrte Kontaktmöglichkeit die jahreszeitliche Prädisposition der kälteren Monate bedingen; für Wundinfektionen schafft Herabsetzung der allgemeinen Widerstandsfähigkeit des Organismus geeignete Vorbedingungen, weshalb Wunddiphtherie in den Kriegs- und

Nachkriegsjahren gehäuft auftrat. Für die zweifellos im Laufe längerer Zeit auftretenden Verschiedenheiten des epidemischen Auftretens sind säkulare Schwankungen der Virulenz des Erregers und der Empfänglichkeit der Bevölkerung zur Erklärung heranzuziehen.

21. Tuberkelbazillen (T-B).

Erreger der Tuberkulose, der in Deutschland und den anderen Kulturländern häufigsten Infektionskrankheit, hauptsächlich (in etwa 85% aller Fälle) in Form der Lungentuberkulose, während sich der Rest auf Tuberkulose anderer Organe (Drüsen-, Knochen- und Gelenk-, Hauttuberkulose in ihren verschiedenen Formen, Tuberkulose der serösen Höhlen, des Verdauungstraktus, der Harn- und Geschlechtsorgane, des Zentralnervensystems, der Meningen usw.) verteilt. Die Tuberkulose kommt außer beim Menschen auch bei verschiedenen Tieren, in erster Linie in sehr großer Verbreitung bei Rindern vor, wo die Eutertuberkulose wegen der Massenhaftigkeit der Ausscheidung der Erreger und der Gangbarkeit des Infektionsweges durch Milchgenuß die größte praktische Bedeutung hat. Die Tuberkelbazillen, die bei verschiedenen Tierarten gefunden werden, sind zum größten Teil von denen des Menschen deutlich unterschieden; diese Typen (Typus humanus, bovinus, gallinaceus, Kaltblütertuberkelbazillen) sind, obgleich phylogenetisch miteinander verwandt, praktisch scharf voneinander getrennt, was besonders im epidemiologischen Verhalten zum Ausdruck gelangt; Übergangsformen und Umwandlung eines Typs in den anderen sind, wenn überhaupt vorkommend, jedenfalls recht selten. Über die Unterscheidung der genannten Typen vgl. S. 580f.

Für die menschliche Lungenphthise, der ja etwa fünf Sechstel aller Tuberkulosefälle in Deutschland zuzurechnen sind, spielt fast ausschließlich (in über 99% der Fälle) der Typus humanus die ursächliche Rolle, während bei der Tuberkulose anderer Organe, besonders im kindlichen Alter die anderen Typen der T-B bis zu 20—50% der Fälle beteiligt sind.

Die Ansteckungsquelle ist in der erdrückenden Mehrzahl der Fälle für die Lungentuberkulose der erkrankte Mensch, und zwar auf dem Wege der direkten Ansteckung durch Berührungen („Schmutz- und Schmierinfektion") besonders im kindlichen Alter, Tröpfchen- und Staubinfektion; vgl. betreffs der Bewertung und Untersuchung dieser beiden letzteren Verbreitungswege die kritische Darstellung von B. Heymann und A. Korff-Petersen in Bd. 1 dieses Handbuches, S. 740ff. Die T-B bilden zwar keine Sporen, sind aber durch ihre wachsartige Hülle, die auch ihren Widerstand gegen Färbung und Entfärbung bedingt, gegenüber schädigenden Einwirkungen, insbesondere der Austrocknung, recht resistent und können sich lange Zeit, wenn vor Licht geschützt, in trockenem Staub, an Gebrauchsgegenständen u. dgl. haftend, lebend und virulent erhalten. Wenn auch die Möglichkeiten der indirekten Infektion dadurch sowohl in räumlicher wie zeitlicher Beziehung recht ausgedehnt werden, so ist doch zahlenmäßig, der Häufigkeit und Gefährlichkeit nach, die direkte Ansteckung von Mensch zu Mensch unvergleichlich viel wichtiger für die Lungenphthise als Volkskrankheit. Insbesondere muß dem Schlagwort von der Tuberkulose als vermeintlicher „Wohnungskrankheit" entgegengetreten werden (Flügge); es kann keine Rede davon sein, daß die T-B sich in der Wohnung vermehren, sie vermögen sich höchstens an lichtlosen Stellen lebensfähig zu erhalten; und wenn statistisch ein Zusammenhang zwischen Wohnungselend und Tuberkulosehäufigkeit nachgewiesen werden kann, so ist häufig nicht die Wohnung

als solche, sondern die unzweckmäßige und mißbräuchliche Benützung derselben (Überfüllung, Schlafstellenvermietung u. dgl.) hierfür verantwortlich zu machen.

Als Eintrittspforte kommen in erster Linie die tieferen Luftwege in Betracht, wobei bestimmte Stellen (Lungenspitzen), besonders bei den sogleich zu besprechenden Verhältnissen der durch abnorme Verhältnisse der oberen Thoraxapertur bedingten individuellen Disposition, geradezu als Orte der bevorzugten Ansiedlung des Virus („tuberkulöser Primäraffekt") gelten können. Das Eindringen von T-B von seiten des Verdauungsapparates tritt demgegenüber schon deshalb praktisch ganz zurück, weil nach Flügges grundlegenden Feststellungen der quantitativen Verhältnisse der tuberkulösen Infektion das Haften des Virus im Intestinaltrakt erst bei millionenfach höherer Dosis zustande kommt als von seiten der Lunge. Diese quantitativen Verhältnisse der Infektion machen sich aber auch in den Atmungswegen in dem Sinne entscheidend geltend, daß je nach der Menge des aufgenommenen Virus entweder ein gutartiger, lokalisierter tuberkulöser Prozeß mit sehr großer Tendenz zur Ausheilung, meist sogar klinisch ganz latent, entsteht oder andererseits bei massiver oder häufig wiederholter Ansteckung eine schwere tuberkulöse Erkrankung resultiert. Die erwähnten leichtesten Infekte, die sich bei der Bevölkerung der Großstädte oder Industriebezirke, wo reichliche Möglichkeiten zum Kontakt gegeben sind — nach übereinstimmendem Ausweis der Beobachtungen am Sektionstisch und der Tuberkulinprüfung nach v. Pirquet —, in fast 100% sämtlicher Individuen bis zum Pubertätsalter vorfinden, bedingen sogar einen gewissen Zustand des Impfschutzes, die sogenannte Infektionsimmunität, die allerdings zeitlich streng an das noch bestehende Vorhandensein lebender T-B gebunden ist. Das charakteristische Bild der Lungenphthise, die im Gegensatz zu den malignen käsigen Pneumonien mit akuter Entwicklung einen subakuten bis chronischen Verlauf mit relativ günstiger Heilungstendenz aufweist, kommt zustande einerseits durch summierte Infektionen von außen her (Phthise im erwerbsfähigen Alter), andererseits durch Verschlimmerung latenter oder doch geschlossener Herde und Verbreitung der Infektion auf dem Blutwege infolge Herabsetzung der allgemeinen Widerstandsfähigkeit (Anstieg der Tuberkulosesterblichkeit durch Unterernährung in den Kriegs- und Nachkriegsjahren); endogene und exogene Faktoren wirken also hierbei zusammen. Hiermit sind wir zur Besprechung der individuellen Empfänglichkeit gelangt, die als letztes und wichtigstes Glied im Kausalnexus der tuberkulösen Infektion eine entscheidende Rolle spielt und teils in örtlichen, teils in allgemeinen Verhältnissen des Organismus bedingt ist. Als örtlich begünstigende Momente kommen verschiedene Faktoren in Betracht, die eine Verengerung der oberen Thoraxapertur bedingen (angeborener ungünstiger Bau des Brustkorbes, schlechte Körperhaltung) und die eine verflachte Atmung, speziell mit ungenügender Durchlüftung und Durchblutung der Lungenspitzen zur Folge haben, so daß an diesen Stellen die T-B — wie übrigens auch leblose körperliche Bestandteile — leichter liegen bleiben und ihre krankmachende Wirkung entfalten können. Als allgemeinkonstitutionelle Momente für die weitere Entwicklung des ursprünglich lokalisierten tuberkulösen Infektes spielen eine Rolle: der gesamte Kräfte- und Ernährungszustand des Organismus, ferner die spezifische Tendenz des Krankheitsherdes entweder zur narbigen Induration und Lokalisierung oder zur Erweichung und weiteren Ausbreitung, endlich der Grad der auf dem Boden einer latenten tuberkulösen Infektion erworbenen und mit ihr eng verknüpften Infektionsimmunität.

Die tuberkulöse Infektion, insbesondere unter dem Bilde der Lungenphthise (oder um ein anderes Beispiel zu nennen, unter den vielgestaltigen Formen der Hauttuberkulose), stellt also ein überaus komplexes Problem dar, zu dessen Aufhellung im Einzelfalle die Berücksichtigung aller der im vorstehenden kurz skizzierten Bedingungen der Ansteckung äußerer und innerer Natur erforderlich ist. Für den Hygieniker kommen insbesondere vom praktischen Standpunkt der Bekämpfung der Tuberkulose als Volksseuche hauptsächlich folgende Fragen in Betracht: 1. Rechtzeitige Erkennung der Krankheit, 2. Ermittelung der Ansteckungsquelle und der Ansteckungswege, 3. Beurteilung der individuellen Widerstandsfähigkeit.

Zu 1. Die Diagnose, besonders im Anfangsstadium der Erkrankung, ist in vielen Fällen durch klinische Methoden eher und sicherer zu stellen als durch bakteriologische Untersuchung. Gerade für die Erkennung der beginnenden Lungenphthise sind die modernen klinischen Untersuchungsmethoden, vor allem die Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen, in erster Linie zuständig. Der Nachweis der T-B in den Exkreten, vor allem im Sputum, gelingt ja natürlich nur dann, wenn es sich um eine offene Form der Tuberkulose handelt, d. h. wenn der Krankheitsherd mit der Außenwelt in offener Verbindung steht, während geschlossene Herde sich natürlich diesem Nachweis entziehen. Da die Verbindung des Krankheitsherdes mit der Außenwelt von Zeit zu Zeit blockiert sein kann und überdies auch infolge wechselnder Exazerbationen und Remissionen des Prozesses die Ausscheidung der T-B zeitlich wechseln, ja sogar schubweise sistieren und erneut auftreten kann, so spricht ein negativer Befund, vor allem einmaliger Natur, nicht etwa gegen die Diagnose Tuberkulose.

Man darf danach nur sagen, daß in dem eingesandten Untersuchungsmaterial keine T-B enthalten waren, nicht etwa, daß keine Tuberkulose vorliegt. Manchmal ist der negative Befund nur durch ungeeignetes Untersuchungsmaterial bedingt, sei es, daß zu wenig Sputum eingesandt worden war oder daß die Probe gar nicht aus den tieferen Luftwegen stammt, sondern nur Mundflüssigkeit (vielleicht als solche schon durch Anwesenheit von Speiseresten kenntlich!) war; man verlange Einsendung des in der Nacht und am Morgen ausgehusteten Auswurfes, wenn die in den tieferen Luftwegen angesammelten Sputummassen entleert werden, noch besser die Gesamtmenge des während 24 Stunden gesammelten Sputums.

Man verwende zur Anlegung der Präparate nicht etwa wahllos beliebige schleimige Teile des Sputums, in denen sich oft keine T-B befinden, sondern man wähle die nekrotischen weiß-gelblichen Bröckel des Auswurfs (die sogenannten „Linsen"), die besonders reich an T-B sind und die man am besten in einer Glasschale auf dunklem Untergrund mittels zwei Nadeln herauspräpariert. Findet man in den Originalausstrichpräparaten keine T-B, so wende man ein Anreicherungsverfahren an, indem größere Massen des Sputums aufgelöst und die darin enthaltenen T-B erhalten bleiben. Alle früher üblichen Methoden der Anreicherung sind jetzt überholt durch das Uhlenhuthsche Antiforminverfahren. Antiformin, ein Gemisch von gleichen Teilen Liquor. Natr. caustic. und Liquor. Natr. hypochlor., zerstört unter vollständiger Auflösung alle organischen geformten Elemente (Körperzellen und Mikroben) außer den durch ihre Wachshülle geschützten säurefesten Bazillen und Sporen, die dann im Präparat allein zur Anschauung kommen.

Das Antiformin wird in 25—50%iger wässeriger Lösung mit dem Sputum, je nach der Konsistenz desselben zu gleichen Teilen oder im Überschuß gemischt, bis zur Auflösung oder doch Aufhellung des Sputums geschüttelt und in einer Zentrifuge mit mindestens 2—3000 Umdrehungen in der Minute ausgeschleudert, wobei die Gewinnung des Sediments durch vorgängige Mischung mit Alkohol (zwecks Erniedrigung des spezifischen

Gewichts der Flüssigkeit) beschleunigt werden kann. Vom Bodensatz werden Präparate angefertigt und in gewohnter Weise auf T-B gefärbt (vgl. Bd. 1, S. 379 ff.), nur daß es hier ratsam ist, bei der Einwirkung der Farblösung nicht nur wie sonst, bis zum Auftreten von Dämpfen, zu erhitzen, sondern aufzukochen; da der Bodensatz am Glase nicht gut haftet, ist es ratsam, ihn mit etwas gewöhnlichem Blutserum oder auch mit einer Spur des Originalsputums (selbstverständlich desselben Patienten!) auf dem Objektträger festzukleben. Das Antiforminverfahren dient auch zum Nachweis von T-B in Organstückchen.

Andererseits ist natürlich bei der färberischen Untersuchung auf T-B die entgegengesetzte Fehlerquelle zu vermeiden, daß nicht etwa durch fehlerhafte Technik T-B von außen her in die Präparate gelangen, die in dem zu untersuchenden Material gar nicht enthalten waren. In dieser Beziehung sei daran erinnert, daß die T-B, dank ihrer chemisch sehr widerstandsfähigen Hülle, durch die gewöhnlichen Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen nicht zerstört werden und selbst in abgetötetem Zustand morphologisch noch wohlerhalten bleiben; sie können also von gebrauchten Glasgeräten (Objektträger, Deckgläser, Glasschalen, Glasstäbe, z. B. das im Immersionsöl befindliche Stäbchen!) in die Präparate hineingelangen und eine positive Diagnose vortäuschen. Man verwende daher zur Untersuchung auf T-B grundsätzlich Glassachen entweder in nur

Fig. 26. Tuberkelbazillen im Sputum, Färbung nach Ziehl. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 257. Vergr. 1 : 500.

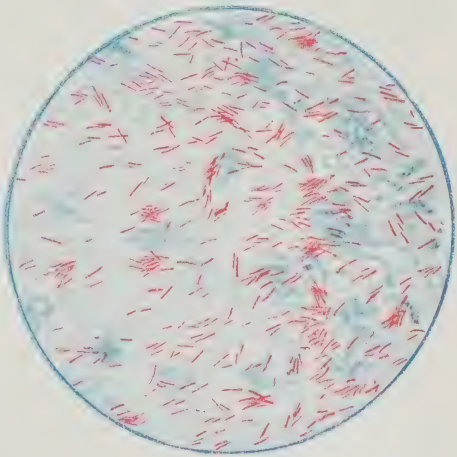


Fig. 27. Tuberkelbazillen im Sputum nach Anreicherung mit Antiformin. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 257. Vergr. 1 : 500.

ganz neuem Zustand oder nach Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure, durch die die T-B gänzlich zerstört werden. Die Möglichkeit, daß T-B auch beim ganz gesunden Menschen gelegentlich als zufälliger Befund vorkommen können, ist gleichfalls nicht von der Hand zu weisen; solche „Zwischenträger" sind z. B. bei Krankenwärtern beobachtet, die T-B rein mechanisch in ihrem Nasenschleim beherbergen.

Sind zahlreiche säurefeste Stäbchen typischer Form (lange, schlanke, oft etwas gebogene und unregelmäßig gefärbte, mit hellen Stellen vakuolisierte) und typischer Lagerung (in Zöpfchenform) nachweisbar, so ist die Diagnose bei Untersuchung von Sputum schon nach dem morphologischen Bilde gesichert. Sind dagegen nur vereinzelte säurefeste Stäbchen vorhanden, besonders bei atypischer Form und Lagerung und vor allem in solchen Exkreten, in denen eine Verunreinigung mit den auf der Haut, im Präputium, an den Labien, im Gehörgang häufig epiphytisch vorkommenden sogenannten Smegmabazillen möglich erscheint, so kann die Diagnose einzig und allein durch den Tierversuch sichergestellt werden, da die T-B sowohl von Smegmabazillen und saprophytischen Säurefesten, wie sie z. B. auf Gräsern, im Stallmist und deshalb auch in der Kuhmilch sich finden, ja auch im

Wandbelag von Wasserleitungsröhren und Blasinstrumenten sich finden, wie von Leprabazillen sich praktisch nur durch ihre Tierpathogenität unterscheiden. Eindringlich ist davor zu warnen, die folgenschwere Diagnose „Tuberkulose" auf das Vorhandensein von atypischen Formen der T-B (Granula, Splitter) zu stellen, für die Much eine besondere Modifikation der Gramschen Färbung angegeben hat. Solche Granula kommen zwar zweifellos vor, sind aber morphologisch nicht einwandfrei erkennbar. In solchen Fällen bringt allein der Tierversuch die Entscheidung. Der Tierversuch dient außer der Unterscheidung der T-B von anderen säurefesten Stäbchen auch noch der Anreicherung des Virus und kann in dieser Beziehung mit dem soeben besprochenen Antiforminverfahren kombiniert werden, da die T-B (wie auch die meisten anderen Säurefesten) dem Antiformin gegenüber nicht nur ihr charakteristisches morphologisches Verhalten, sondern auch ihre Lebensfähigkeit und Virulenz behalten. Das mit oder ohne Antiformin behandelte Untersuchungsmaterial wird mehreren Meerschweinchen nach bekannter Methode (vgl. Bd. 1, S. 473 u. 484f.) subkutan oder intraperitoneal verimpft. Ein etwa, auch nach Abgießen der überstehenden Flüssigkeit und Auswaschen des Sedimentes mit Wasser übrig bleibender Rest von Antiformin kann, um chemische Reizwirkungen zu vermeiden, mittels Behandlung mit Natriumthiosulfat entfernt werden. Der positive Ausfall des diagnostischen Tierversuches tritt bei massiver Infektion nach 4—6 Wochen, bei Anwesenheit vereinzelter T-B in der zu untersuchenden Probe oft erst nach 3 Monaten ein. An der Impfstelle findet sich manchmal ein verkäster Herd, meist aber keine Veränderung. Dagegen sind regelmäßig die regionären Lymphdrüsen befallen (Schwellung, später Verkäsung); weiterhin finden sich tuberkulöse Herde in den Mesenterialdrüsen, in Milz, Leber, Netz; die Lungen sind auf diesem Wege der Ansteckung erst an letzter Stelle infiziert.

Der Ablauf des Tierversuches kann durch folgende Kunstgriffe beschleunigt werden: Injektion des Untersuchungsmaterials in die Leber des Meerschweinchens (vorzeitige Tierverluste durch Blutungen!) oder Setzung einer Stelle geringsten Widerstandes durch vorheriges Quetschen der regionären Lymphdrüsen der infizierten Schenkelbeuge (Achtung vor Verwechslung mit unspezifischen Drüsenschwellungen!) oder endlich durch die diagnostische Tuberkulinimpfung am geimpften Tier, nach der eine lokale Reaktion im Sinne einer Anschwellung vorher nicht deutlich wahrnehmbarer Lymphdrüsenherde auftritt.

Vor folgenden Fehlerquellen muß man sich bei der Bewertung des diagnostischen Tierversuches in acht nehmen. Ein scheinbar positiver Sektionsbefund kann durch den Bac. pseudotuberculosis rodentium, der bei Meerschweinchen Stallseuchen hervorruft, vorgetäuscht werden, ähnlich auch bei Untersuchung tuberkuloseverdächtigen Schaffleisches durch den zu derselben natürlichen Gruppe der Bazillen der hämorrhagischen Septikämie (vgl. oben S. 555) gehörigen Bac. pseudotuberculosis ovium; in beiden Fällen bringt die morphologische und kulturelle Untersuchung sofort die Entscheidung; auch würde bei Weiterverimpfung der verdächtigen Herde auf andere Meerschweinchen der Ablauf der tödlichen Infektion viel rascher als bei T-B, etwa in höchstens 1—2 Wochen erfolgen. Größere Schwierigkeiten entstehen, wenn es sich um Unterscheidung der echten T-B von anderen säurefesten Stäbchen handelt, die unter Umständen, insbesondere bei der Untersuchung von Milch bei gleichzeitiger intraperitonealer Verimpfung von Butterfett einen der echten Tuberkulose sehr ähnlichen Sektionsbefund beim Meerschweinchen hervorrufen können; die Entscheidung erfolgt durch Reinzüchtung der verdächtigen säurefesten Stäbchen und Prüfung ihrer sämtlichen kulturellen Eigenschaften (insbesondere ihrer Wachstumstemperatur) und ihres krankmachenden Vermögens, vor allem bei Verimpfung in der vorderen Augenkammer des Kaninchens (Herr).

In diesem Zusammenhang sei vor allem der Unterscheidung des Typus humanus vom Typus bovinus gedacht, die am sichersten durch subkutane Verimpfung einer abgewogenen Kulturmasse von 0,01 g beim Kaninchen erbracht wird; bei dieser Versuchsanordnung bewirkt der Typus

humanus nur eine lokale Herdbildung, der Typus bovinus hingegen generalisierte Infektion; Meerschweinchen sind für diese Typentrennung nicht brauchbar, da sie sich gegenüber beiden Typen als hochempfänglich erweisen. Auch in morphologischer und kultureller Beziehung bestehen Unterschiede, in dem Sinne, daß die Reinkultur auf erstarrtem Serum oder Bouillon, beide mit 2—5% Glyzerinzusatz, beim Typus humanus viel üppiger gedeiht und daß die Gestalt der Bazillen viel regelmäßiger ist als beim Typus bovinus mit seinen ungleichen, kurzen, oft punktförmigen oder körnigen Bazillen.

Die Möglichkeit, daß beim Vorhandensein sehr spärlicher T-B in dem zu untersuchenden Material eine latente, unter Umständen zur natürlichen Ausheilung gelangende Form der Impftuberkulose beim Meerschweinchen entstehen könnte, ist nicht von der Hand zu weisen (Selter); in solchen Fällen ist manchmal das einzige verdächtige Symptom beim Impftier eine sehr erhebliche Milzschwellung; Weiterimpfung der Milz und der eventuell gefundenen geschwollenen Lymphdrüsen auf andere Meerschweinchen läßt bei diesen eine deutliche ausgeprägte Impftuberkulose entstehen.

Neben dem Tierversuch, gegebenenfalls mit ihm verbunden, kommen neuerdings auch Kulturverfahren zur Verfeinerung des Nachweises der T-B in Betracht, nachdem es gelang, einerseits Nährböden zu finden, auf denen der T-B schon in wenigen Tagen üppig gedeiht, andererseits durch chemische Vorbehandlung des Sputums oder der infizierten Organe die Begleitbakterien auszuschalten. Zur Züchtung empfehlen sich am meisten die Eiernährböden (Lubenau, Dorset), die durch Zerquirlen eines ganzen Eies (Dotter und Eiklar) mit etwa ¼ seines Gewichtes 5% Glyzerinbouillon von neutraler oder natursaurer Reaktion und Erstarrenlassen des Gemisches bei 90° in Schrägröhrchen bereitet wurden. Zur Ausschaltung der Begleitbakterien des Sputums dient Antiformin (vgl. oben) oder Behandlung mit etwa 10%iger Schwefelsäure (Hohn) etwa 20—30 Minuten.

Die serologischen Verfahren zur Tuberkulosediagnostik, wie Prüfung auf Agglutination oder Komplementbindung des Patientenserums mit T-B-Extrakten haben bisher kein für die Praxis brauchbares Resultat ergeben. Dagegen verfügen wir über ein immunbiologisches Verfahren, nämlich die Prüfung auf die charakteristische Überempfindlichkeit des infizierten Menschen gegenüber der Einverleibung von T-B-Extrakten, dem sogenannten Alttuberkulin (R. Koch) — (während das Neutuberkulin nach R. Koch eine Aufschwemmung der feinst verteilten Bazillenleiber der T-B selbst darstellt). In ihrer empfindlichsten Form, nämlich als Intrakutanprobe (Roemer, v. Pirquet) oder Perkutanprobe (Moro, Petruschky), zeigt die Tuberkulinprobe nicht nur tuberkulöse Erkrankungen, sondern auch ruhende, klinisch durchaus symptomlose Infektion an und ist, da jenseits des Pubertätsalters in der städtischen und industriellen Bevölkerung fast alle Individuen mit solchen latenten Herden behaftet sind, für das erwachsene Alter zu empfindlich, während sie im Kindesalter ein sehr wertvolles diagnostisches Hilfsmittel darstellt. Bei subkutaner Injektion von Bruchteilen eines Milligramms (nach der ursprünglichen Methode von R. Koch) werden meist nur aktive Herde angezeigt.

Für die Technik der Tuberkulindiagnostik hier nur kurz das folgende: Für die subkutane Injektion von Alttuberkulin verwendet man bei Erwachsenen etwa $^1/_5$ mg, bei schwächlichen Personen und Kindern nur $^1/_{20}$—$^1/_{10}$ mg; durch genaue, etwa alle 3 Stunden (Tag und Nacht) zu wiederholende Messung der Körpertemperatur überzeugt man sich zunächst, daß kein Fieber schon vorher besteht (höchste zulässige Temperatur im Rektum 37,3° C) und kontrolliert nach der Injektion, ob Temperaturerhöhung (die manchmal nur sehr kurzdauernd ist!) eintritt; im Zweifelfall wird die Injektion nach je 48 Stunden mit derselben und nachher mit erhöhter Dosis wiederholt, wobei oft charakteristische kumulative Wirkung eintritt; werden 10 mg reaktionslos vertragen, so ist der Patient als frei von Tuberkulose anzusehen. Für die kutane Tuberkulinprobe nach v. Pirquet werden auf die (vorher mit Alkohol und Äther abgeriebene) Haut des Unterarmes im Abstand von etwa 8 cm 2 Tropfen unverdünntes Alttuberkulin aufgebracht und durch

diese Tropfen hindurch die Haut mit einem besonderen „Impfbohrer" skarifiziert. Desgleichen an einer dritten in der Mitte gelegenen Stelle ohne Tuberkulin als Kontrolle. Oder nach Moro wird ein erbsengroßes Stück einer Tuberkulinsalbe (Tuberkulin und Lanolin anhydric. ana 5,0 g) in die Haut eingerieben. Herdreaktion (Rötung und Papel) binnen 24—48 Stunden zeigt Vorhandensein tuberkulöser Herde (aber auch latenter) an.

Zu 2. Die Ermittelung der Ansteckungsquelle und der äußeren Transportwege des Virus erfolgt auf der Grundlage des oben S. 576f. dargelegten Kausalnexus der tuberkulösen Infektion. Für solche systematische Ermittelungen leisten insbesondere die Tuberkulosefürsorgestellen wertvolle Dienste; die Personen aus der Umgebung des Kranken, vor allem in seiner Familie, aber auch an der Arbeitsstätte, in der Schule u. dgl., werden genau daraufhin untersucht, ob unter ihnen etwa Träger der Tuberkulose sich befinden; bei solchen sorgfältigen Durchuntersuchungen, bei denen sich wiederum das Röntgenverfahren sehr bewährt (Redeker), werden häufig ansteckende Tuberkulöse ermittelt, die bisher unbemerkt geblieben waren, z. B. alte Leute mit sogenanntem „chronischen Katarrh" der Luftwege. Je länger dauernd und enger das Zusammenleben mit dem ansteckenden Kranken ist, also besonders in der häuslichen Gemeinschaft, desto größer ist die Gefahr der Übertragung des Virus; andererseits sind freilich auch Fälle berichtet, in denen ein ganz kurzer einmaliger Aufenthalt mit einem Phthisiker zur Übertragung genügte. Die Größe der Ansteckungsgefahr ist abhängig einerseits von der Massenhaftigkeit der Ausscheidung des tuberkulösen Virus, andererseits von den Verhältnissen der Reinlichkeit in der Umgebung des Kranken, die ihrerseits wieder in beherrschender Weise von sozialen Momenten (Armut, Wohnungsnot) bedingt werden. C. Flügge empfiehlt zur quantitativen Beurteilung der Gefahr der Tröpfchenausscheidung einen einfachen Apparat (vgl. Bd. 1, S. 738) in Gestalt eines verstellbaren Glasschirmes, den man durch den Patienten anhusten läßt, um dann die darauf angetrockneten und fixierten Tröpfchen nach Ziehl zu färben. Zur Bildung flugfähigen, T-B-haltigen Staubes kommt es seltener, weil das zähe klebrige Sputum nur unter besonderen Verhältnissen so eintrocknet und nachträglich so starker mechanischer Eingriffe bedarf, daß es verstäubbar wird; am ehesten ist das bei Taschentüchern der Fall, die oft nach Gebrauch tagelang in vertrocknetem Zustand in der Tasche mitgeführt werden und beim Schütteln und sonstigen Gebrauch zahlreiche feine Fäserchen abgeben, die oft Träger von T-B sind. Häufig ist die Möglichkeit der Staubinfektion in gewerblichen Betrieben (Schleifereien) gegeben, wenn das Arbeitsmaterial in trockenem Zustande stark mechanisch beansprucht wird, wenn Absaugeanlagen fehlen und die Atmungsorgane des Arbeiters durch große Nähe gefährdet sind. Ferner gibt trockene Zimmerreinigung durch Aufkehren, Teppichklopfen u. dgl. zur Staubinfektion Anlaß. Der Staub kann übrigens nicht nur als Vehikel des Virus, sondern als prädisponierendes Moment an der Eintrittspforte wirken, wobei verschiedene Staubarten, je nach ihrer mechanischen Beschaffenheit in sehr verschiedenem Grade gefährlich sind, z. B. Steinstaub viel mehr als Kohlenstaub.

Zu 3. Zur Beurteilung der persönlichen Empfänglichkeit bzw. Widerstandskraft, die nicht nur in prophylaktischer Beziehung, sondern auch nach stattgehabter Infektion für die Prognose und für die Therapie (Überweisung in Erholungsheime, Heil- bzw. Heimstätten) bedeutungsvoll ist, dienen folgende Punkte. Kinder, besonders solche in den ersten Lebensjahren, sind besonders gefährdet und am besten ganz aus dem Bereich der Ansteckungsquelle zu entfernen. Nach Überstehen mancher anderer Infektionskrankheiten, vor allem der Masern, ist die Empfänglichkeit für Tuberkulose

stark erhöht. Äußere Schädlichkeiten, besonders Unterernährung, Überanstrengung, sowie die mit Schwangerschaft, Geburt und Stillgeschäft verbundene höhere Inanspruchnahme des weiblichen Organismus wirken in demselben Sinne. Asthenischer Habitus, besonders schlechter Bau des Brustkorbes mit Verengerung der oberen Thoraxapertur (vgl. oben S. 577) disponieren für Phthise; der sogenannte Habitus phthisicus ist allerdings oft nicht erst ein Kennzeichen tuberkulöser Prädisposition, sondern bereits ausgesprochener tuberkulöser Erkrankung. Nochmals sei hier der großen Bedeutung des Röntgenbildes für die Prognose des Krankheitsprozesses gedacht.

22. Leprabazillus.

Erreger des Aussatzes (Lepra), der in zwei verschiedenen Formen auftritt: Knotenlepra (Lepra tuberosa) und Nervenlepra (Lepra maculo-anaesthetica); auch Mischformen (Lepra mixta) kommen vor. Warum der Krankheitsprozeß im Einzelfalle in der einen oder anderen Form auftritt, ist noch nicht in allen Punkten geklärt, hängt aber wahrscheinlich von dem Zustand der Empfänglichkeit des Individuums ab; die makuloanästhetische Form, bei der viel weniger Bazillen gefunden werden, setzt offenbar eine gewisse, wenn auch unvollständige Immunität des Organismus voraus und entsteht daher einerseits gelegentlich nach jahrelangem Krankheitsverlauf als Endstadium der tuberösen Form, andererseits als Ausdruck der Durchseuchung der Bevölkerung und der durch Übertragung des Bazillus von einem zum anderen relativ immunen Individuum bedingten Abschwächung des Virus in solchen Gegenden, in denen die Lepra schon seit langer Zeit heimisch ist, während frisch befallene Gebiete vorwiegend die akutere tuberöse Form aufweisen. Die Übertragung des Virus erfolgt durch Kontakt, vor allem durch häufig wiederholte sehr nahe Berührungen, wie sie insbesondere in der Ehe und im gemeinsamen Haushalt zustande kommen. Die Eintrittspforte ist wahrscheinlich in erster Linie in der Nase zu suchen, wo an der vorderen Grenze der unteren und mittleren Muschel sehr häufig ein charakteristisches Geschwür mit Absonderung eines an Leprabazillen überaus reichen dünnen leimartigen Eiters zu finden ist, das jahrelang als einzige Manifestation des leprösen Krankheitsprozesses existieren und auch völlig unbeachtet bleiben kann, so daß sich auf diese Weise die Berichte über scheinbar jahrelange Inkubationszeit der Lepra ohne weiteres erklären. Auf dieses Geschwür, das geradezu als Primäraffekt der Lepra bezeichnet werden kann, ist daher bei jedem Leprakranken und vor allem auch bei seinen Angehörigen, Haus- und Arbeitsgenossen sorgfältig zu fahnden (am besten durch Rhinoskopia anterior), um beginnende Krankheitsfälle rechtzeitig zu erkennen und unschädlich zu machen. Die Eintrittspforte des Leprabazillus kann aber nach anderen epidemiologischen Erfahrungen auch in kleinen Hautverletzungen und im Darmkanal zu suchen sein. Die persönliche Empfänglichkeit für Lepra ist offenbar nicht sehr groß, da die Infektion häufig bei Personen ausbleibt, die nach Lage der Verhältnisse (Eheleute, Pfleger in Lepraheimen) besonders häufig und intensiv der Ansteckungsgefahr gegenüber exponiert sind. Andererseits ist es freilich auch möglich, daß die Leprabazillen, die von zerfallenen Lepraknoten, sowie vor allem von seiten der Geschwüre in Nase und Rachen nach außen gelangen und bei manchen Kranken mit Hustentröpfchen in großen Mengen ausgehustet werden, bereits abgestorben sind. Da der Leprabazillus mit Sicherheit weder auf künstlichen Nährböden gezüchtet noch auf Versuchstiere übertragen werden kann, ist diese Möglichkeit vorläufig ex-

perimentell nicht nachzuprüfen und bleibt auch für die bakteriologische Diagnostik nur die morphologische Untersuchung. Der Leprabazillus ist morphologisch dem Tuberkelbazillus sehr ähnlich und ist von ihm färberisch nicht mit Sicherheit zu unterscheiden, wenn auch seine Widerstandsfähigkeit gegen Entfärbung durch Säure und Alkohol, sowie gegen Auflösung durch Antiformin geringer ist als beim T-B. Gewisse histologische Bilder, z. B. Zellen, die ganz mit Leprabazillen erfüllt sind („Leprazellen"), sowie schollig säurefeste Gebilde („Globi"), die aus miteinander verklebten Leprabazillen bestehen, sind für Lepra charakteristisch und kommen bei Tuberkulose nicht vor. Die Entnahme der zu untersuchenden Proben erfolgt direkt aus den Geschwüren der oberen Atmungswege, sowie durch kleine Inzisionen der Leprakknoten und anormal pigmentierten bzw. anästhetischen Hautstellen; wenn bei der makuloanästhetischen Lepra die direkte Untersuchung der krankhaft veränderten Hautstellen nicht zum Ziele führt, so kann man den Nachweis der Bazillen in einem durch Exzision gewonnenen Stücke des Nervenstämmchens versuchen, das den betreffenden Bezirk versorgt.

Fig. 28. Leprabazillen im Gewebsschnitt. Nach Jadassohn. „Lepra" in Kolle-Wassermanns Handbuch der path. Mikroorganismen, 2. Aufl., Bd. 5, Taf. III.

Kommt je eine Unterscheidung von Lepra- und Tuberkelbazillen in Betracht, so ist diese nur durch den Tierversuch durch Verimpfung auf das Meerschweinchen möglich; der mit Leprabazillen negativ ausfällt, beim Vorliegen von T-B hingegen das oben S. 580 geschilderte charakteristische Bild zeigt. Die Tuberkulinprobe führt nicht mit Sicherheit zum Ziel, da sie auch bei Lepra oft positiv ausfällt, im Sinne einer biologischen Verwandtschaftsreaktion. Praktisch recht brauchbar ist folgende Probe; man gibt der zu untersuchenden Person täglich mehrmals je 1,0 g Jodkalium per os, mehrere Tage hintereinander; bei Leprösen entsteht, der Tuberkulinreaktion vergleichbar, eine heftige allgemeine fieberhafte Reaktion und starke lokale Schwellung der Krankheitsherde. Der Mechanismus dieser Reaktion ist theoretisch noch nicht geklärt; vielleicht handelt es sich um eine halbspezifische Beeinflussung der Leprabazillen durch Jod (wie man sie ja auch zu Heilzwecken bei gewissen dem Leprabazillus biologisch verwandten Streptotricheen verwendet), wobei die abgetöteten Leprabazillen dann als Antigen auf den Organismus wirken und die Entstehung einer Überempfindlichkeitsreaktion veranlassen.

III. Pathogene Vibrionen.

1. Choleravibrio (Vibrio [Spirillum] cholerae asiaticae).

Erreger der asiatischen Cholera, einer im Gangesdelta endemischen und von dort aus sowohl auf dem Landwege (indisch-persisch-russischer Eisenbahnverkehr) wie durch den Schiffsverkehr in kleineren oder größeren

Seuchenzügen fast über die ganze bewohnte Erde von Zeit zu Zeit verbreiteten Infektionskrankheit. Die Ansiedlungsstätte des Choleravibrio im menschlichen Organismus ist ausschließlich die Dünndarmschleimhaut, von wo aus der Choleravibrio ziemlich häufig in die Gallenwege, sehr selten aber in andere innere Organe verschleppt wird. Die schweren Allgemeinerscheinungen, wie sie insbesondere das Stadium algidum charakterisieren, kommen indirekt durch die freiwerdenden Endotoxine des Choleravibrios sowie durch den Wasserverlust des Organismus (als Folge der profusen Durchfälle und des Erbrechens) zustande. Der Choleravibrio findet sich regelmäßig in den Darmentleerungen, die bei akuten typischen Fällen eine fleisch- oder reiswasserähnliche Beschaffenheit zeigen, bei Choleradiarrhoe dünnflüssig fäkulent sind. Das klinische Bild ist für die asiatische Cholera nicht charakteristisch, da es einerseits in gleicher Schwere auch durch gewisse anorganische Gifte (Arsen, Phosphorwasserstoff) und bei manchen „Nahrungsmittelvergiftungen" (vgl. oben S. 548) hervorgerufen werden kann und andererseits auch viele leichte Fälle echter Cholera asiatica vorkommen, die lediglich das Bild eines gewöhnlichen Durchfalls zeigen („Choleradiarrhöe") und dann klinisch überhaupt nicht, sondern nur epidemiologisch durch den Zusammenhang mit sichergestellten schweren Cholerafällen oder durch die bakteriologische Diagnose erkannt werden können. Letztere ist gerade für die Cholera asiatica von größter Zuverlässigkeit, da wir einerseits über sehr brauchbare elektive Nährböden verfügen, andererseits die Unterscheidung des echten Choleravibrios von anderen Vibrionen durch serologische Reaktionen in einfacher und sicherer Weise möglich ist; der Choleravibrio stellt eine wohl charakterisierte einheitliche Art dar und ist von den sogenannten choleraähnlichen Vibrionen scharf unterschieden, mit einer so weitgehenden Ausbildung der Spezifität der Immunreaktionen, wie sie kaum in einer anderen natürlichen Gruppe von Krankheitserregern wieder vorkommt. Allerdings ist mit Rücksicht auf das häufige Vorkommen dieser choleraähnlichen Vibrionen, die in Abfallstoffen und in verunreinigtem Wasser besonders in der heißen Jahreszeit und im heißen Klima sehr verbreitet sind und mit dem Trinkwasser leicht in den menschlichen Darm gelangen, wo sie sehr leicht zur Verwechslung mit echten Choleravibrionen Anlaß geben könnten, unter allen Umständen zu verlangen, daß die verantwortliche Diagnose „Cholera asiatica" nie allein auf den morphologischen und kulturellen Nachweis von Vibrionen ausgesprochen werde, sondern in jedem Falle die Identifikation dieser Vibrionen durch spezifisches Cholera-Immunserum (hergestellt durch Vorbehandlung von Kaninchen, Eseln oder Pferden mit echten Choleravibrionen) stattfinde.

Diese serologische Diagnose ist die einzig zuverlässige; ob es auch serumfeste oder in ihrem Rezeptorenapparat anderes beschaffene Vibrionen („Paracholera") gibt, die besondere Typen von Choleraepidemien erzeugen können, ist bisher nicht erwiesen; an diese Möglichkeit wäre dann zu denken, wenn innerhalb einer epidemiologisch zusammengehörigen Gruppe von Choleraerkrankungen bei den verschiedenen Einzelfällen jedesmal derselbe serologisch abweichende Typus von Vibrionen gefunden wurde, wofür bisher noch kein gesichertes Beispiel vorliegt.

Der Gang der bakteriologischen Choleradiagnose ist in den wesentlichen Zügen der folgende; betreffs Einzelheiten vgl. die „Anweisung des Bundesrats zur Bekämpfung der Cholera" vom 9. Dezember 1915.

Als Untersuchungsmaterial dient der möglichst frisch, ohne jeden Zusatz aufgefangene Stuhl, der mangels spontaner Entleerung durch rektale Injektion einiger Kubikzentimeter Glyzerin erhalten werden kann; auch Stücke der Unterwäsche, die frische Dejekte enthalten, sind brauchbar.

Von der Leiche ist das Material nicht aus dem Rektum zu entnehmen, da hier oft alte Kotreste stagnieren, die den Erreger nicht enthalten; man entnimmt vielmehr — wozu ein kleiner Einschnitt genügt — mehrere an beiden Enden abgebundene Dünndarmschlingen von etwa 10 cm Länge, darunter möglichst das unmittelbar oberhalb der Ileocoecalklappe gelegene Stück. Ein Teil der Proben des Darminhalts ist tunlichst schon am Ort der Entnahme, um Zeit zu sparen, in den sogleich zu besprechenden der Anreicherung dienenden Peptonwassernährboden zu übertragen. Für Massenuntersuchungen, besonders auf leichteste Fälle und Bazillenträger, ist der von Otto angegebene Choleraauntersuchungskasten zu empfehlen, der 100 numerierte mit Peptonwasser gefüllte Röhrchen enthält, die mit den betreffenden Proben an Hand einer namentlichen Liste beschickt werden.

Die direkte mikroskopische Untersuchung der im Cholerastuhl enthaltenen Schleimflocken im Ausstrichpräparat, gefärbt etwa 5 Minuten mit verdünntem Karbolfuchsin (1 : 10), ergibt bei akuten typischen Fällen oft schon so große Mengen verdächtiger Vibrionen, besonders unter dem charakteristischen Bilde der sogenannten „Fischzüge", d. h. in Schleimmassen hintereinander angeordnet, daß daraufhin eine vorläufige Verdachtsdiagnose gestellt werden kann.

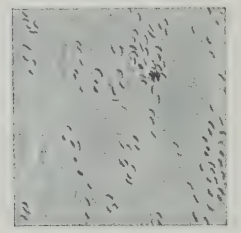


Fig. 29. Choleravibrionen im Stuhlausstrich. Aus Flügge, a. a. O. S. 590. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 500.

Zur Züchtung des Choleravibrios dienen einerseits elektive feste Nährböden, auf denen die Choleravibrionen (aber allerdings auch die choleraähnlichen Vibrionen) rasch und üppig gedeihen, die meisten anderen Darmbakterien aber zurückgehalten werden, andererseits die Anreicherung in Peptonwasser, die selbst vereinzelte Vibrionen noch herauszuzüchten gestattet. Sämtliche Elektivverfahren gründen sich in erster Linie auf die sehr weitgehende Toleranz des Choleravibrios gegen starke alkalische Reaktion des Nährbodens.

Unter den festen elektiven Nährböden sind zu nennen:

1. Gewöhnlicher Nähragar mit starkem Alkalizusatz (nach Erreichung des Lackmusneutralpunktes Zusatz von 30 ccm 10%iger wässeriger Lösung kristallisierter Soda auf 1 l Nährboden). Die Cholerakolonien erscheinen durchsichtig, bläulich, inmitten der undurchsichtigen gelblichen Kolonien der Darmbakterien, soweit letztere bei dieser starken Alkaleszenz überhaupt noch wachsen; es gibt aber auch Varianten des Choleravibrios, die gelbliche undurchsichtige Kolonien bilden!

2. Blutalkaliagar. Originalvorschrift nach Dieudonné. Von folgender viele Monate haltbaren Blutalkalilösung (defibriniertes Rinderblut + Normalkalilauge zu gleichen Teilen gemischt und ½ Stunde im Dampf sterilisiert) werden je 30 ccm mit je 70 ccm neutralen Nähragars vermischt, in Kulturschalen ausgegossen und 24 Stunden im Brutschrank offen gehalten, um das sich entwickelnde NH_3 (das bei früherer Verwendung des Nährbodens entwicklungshemmend wirken würde) abziehen zu lassen und eine trockene Oberfläche des Nährbodens zu erhalten. Sofortige Aussaat nach nur 1stündigem Trocknen ermöglicht die Modifikation nach Esch: 5 g Hämoglobin (Merck-Darmstadt) werden mit wenig Wasser im Mörser zerrieben, im Kolben unter Erwärmen gelöst und in einer Mischung von 15 ccm Normal-Natronlauge + 15 ccm dest. Wasser 1 Stunde im Dampftopf sterilisiert; von der fertigen Mischung werden 15 ccm mit je 85 ccm neutralem Nähragar gemischt.

3. Aronsons Fuchsin-Sulfit-Saccharose-Dextrin-Agar, nach dem Prinzip des Endo-Agars (vgl. S. 538) zusammengestellt, doch statt Milchzucker 1% Saccharose und 1% Dextrin enthaltend. Die Cholerakolonien sind rot mit schmalem weißem Saum, da der Choleravibrio Saccharose vergärt, während die Darmbakterien helle Kolonien bilden oder zurückgehalten werden. (Es ist also hier gerade umgekehrt wie bei der Typhus-

untersuchung mit Endo-Agar; während dort die hellen Kolonien aufgesucht werden, sind hier gerade die roten Kolonien verdächtig.

Auf der Oberfläche dieser Agarnährböden wird das zu untersuchende Material mittels Drigalski-Spatel möglichst gleichmäßig verbreitet.

Das Anreicherungsverfahren in Peptonwasser gründet sich, abgesehen von der relativen Unempfindlichkeit des Choleravibrios gegenüber starker Alkaleszenz, noch auf folgende beiden charakteristischen Merkmale des Choleravibrios: obligat aerobes Wachstum und Gedeihen auf stark verdünnten Nährlösungen, die den meisten anderen Bakterien nicht mehr genügende Ernährungsmöglichkeiten bieten. Man hält eine konzentrierte Stammlösung vorrätig, enthaltend auf 1 l destilliertes sterilisiertes Wasser 100 g Peptonum siccum Witte (Rostock), 10 g NaCl, 1 g Kaliumnitrat und 20 g kristallisierte Soda; das Gemisch wird in der Wärme gelöst, die Lösung filtriert, in Kölbchen von je 100 ccm Inhalt gefüllt und im Dampf sterilisiert. Von dieser Lösung wird eine Verdünnung von 1 : 10 mit Wasser hergestellt und teils in Röhrchen, teils in Kölbchen sterilisiert. Die Röhrchen werden mit je mehreren Ösen, die Kölbchen mit je 1—5 ccm Stuhl versetzt, bei 37° bebrütet und nach 6, 12 und 24 Stunden untersucht. Cholera- (aber auch andere!) Vibrionen wachsen sehr rasch an der Oberfläche dieser Nährflüssigkeit, wo sie oft ein kaum sichtbares Häutchen bilden; man entnimmt von der Oberfläche (ohne das Kulturgefäß zu schütteln!) mittels Platinöse und legt gefärbte Ausstrichpräparate und einen hängenden Tropfen an, an dessen Rande die Vibrionen durch ihre sehr lebhafte Eigenbewegung (vergleichbar einem tanzenden Mückenschwarm) kenntlich sind.

Bei Befund von Vibrionen Aussaat auf Nähragar oder die soeben beschriebenen festen elektiven Nährböden und Prüfung der aus Vibrionen bestehenden Kolonien mittels spezifischen Immunserums auf Agglutination, und bei ersten Fällen einer Epidemie auch im R. Pfeifferschen Versuch. Ebenso verfährt man mit den auf den genannten Nährböden direkt aus dem Stuhl angelegten sogenannten Originalplatten. Ihre Anlegung ist nie zu unterlassen, da sie ein Urteil über die Zahl der im Ausgangsmaterial enthaltenen Vibrionen abzugeben gestatten, was bei den aus der Peptonwasservorkultur gewonnenen Platten nicht mehr möglich ist, und auf diese Weise selbst in den seltenen Fällen inagglutinabler (säurefester) echter Choleravibrionen, bei denen die serologische Prüfung zunächst versagt, die richtige Diagnose stellen lassen. Eine große Zahl von Vibrionenkolonien auf der Originalplatte ist stets auf Cholera verdächtig, während choleraähnliche Vibrionen von vornherein meist nur in geringer Zahl vorhanden sind und erst durch die Peptonwasservorkultur angereichert werden. Die sichere Identifizierung inagglutinabler echter Choleravibrionen kann durch ihr Bindungsvermögen im Castellanischen Versuch und durch ihre Bildung spezifischer Choleraantikörper bei aktiver (kreuzweiser) Immunisierung von Kaninchen erfolgen.

Man hat versucht, um Zeit zu sparen, die Agglutinationsprobe direkt mit den im Peptonwasser gewachsenen Vibrionen vorzunehmen, ohne erst die Koloniebildung auf festen Nährböden abzuwarten; das Verfahren gestattet wegen der Fehlerquellen (Schwierigkeiten des quantitativen Arbeitens, Ausschaltung von Spontanagglutination) nur eine Verdachtsdiagnose.

Andere Methoden der bakteriologischen Differentialdiagnose zwischen echten Cholera- und choleraähnlichen Vibrionen kommen praktisch nicht mehr in Betracht; hierher gehören a) die Züchtung in Gelatineplatten, wobei (abgesehen von dem durch die langsamere Entwicklung bedingten Zeitverlust) eine Unterscheidung zwischen Cholera- und choleraähnlichen Vibrionen häufig unmöglich ist; b) die sogenannte Cholerarot-(Nitroso-indol)-Reaktion, für die derselbe Einwand gilt; c) die Prüfung auf Hämolyse, die

stark der Variabilität unterworfen ist; d) die Geißelfärbung, die zwar insofern zuverlässig ist, als ein mehrgeißeliger Vibrio nie ein echter Choleravibrio sein kann, die aber eine Unterscheidung zwischen dem letzteren und anderen unspezifischen Vibrionen mit nur einer Polgeißel nicht gestattet.

Zwei praktisch wichtige Aufgaben können der Cholerauntersuchung noch gestellt werden:

a) Die Erkennung abgelaufener Fälle. Durch Nachweis spezifischer gegen den Choleravibrio gerichteter Antikörper im Blutserum des Rekonvaleszenten, sei es durch Agglutination oder noch besser im Pfeifferschen Versuch, angestellt mit dem Patientenserum gegenüber einer echten Cholerakultur.

b) Der Nachweis von Choleravibrionen im Wasser. 1 l des zu untersuchenden Wassers wird mit 100 ccm der Peptonwasserstammlösung versetzt, in Kölbchen von je 100 ccm Inhalt verteilt, nach 6—24stündiger Bebrütung mikroskopisch untersucht und bei Vorhandensein von Vibrionen auf feste Nährböden ausgesät, zwecks serologischer Prüfung der aufgegangenen Kolonien. Da gerade im Wasser choleraähnliche Vibrionen häufig vorkommen, so ist hier besondere Vorsicht bei der Identifikation geboten und stets neben der Agglutinationsprobe der Pfeiffersche Versuch auszuführen. Beide Methoden müssen übereinstimmende Ergebnisse liefern; allerdings ist der Pfeiffersche Versuch nur dann anwendbar, wenn der betreffende Stamm virulent ist (vgl. Bd. 1, S. 518f.); in den (nicht seltenen) Fällen, in denen aus Wasser, aber auch aus Choleradejekten schwach virulente Choleravibrionen herausgezüchtet werden, kann nur die Agglutinationsprobe (eventuell wie oben verfeinert durch den Castellanischen Absorptionsversuch und die Prüfung durch kreuzweise Immunisierung) den Ausschlag geben.

B. Pathogene pflanzliche Parasiten.

I. Pathogene Streptotricheen (Trichomyceten).

Betreffs der bei den einzelnen Autoren häufig verschiedenen Namengebung vgl. in Bd. 1, S. 356. Die Streptotricheen kommen als Erreger von Krankheiten der Haut, des Bindegewebes, der Schleimhäute, aber auch zuweilen innerer Organe (Lungen, Nieren, Gehirn) in Betracht; es handelt sich um chronische Eiterungen oder Knotenbildung durch Granulationsgewebe, von besonders mächtiger Entwicklung bei dem in den Tropen und Subtropen häufigen, aber auch in Südeuropa beobachteten sogenannten Madurafuß (Mycetoma pedis), mit drei Abarten, der weißen, gelbroten und der schwarzen, je nach der Farbstoffbildung der Erreger (vgl. unten). Im Eiter (Auswurf, Harn) oder in Gewebsschnitten findet man fadenförmige Gebilde mit echten Verzweigungen, oft knäuelförmig geballt; die Fäden tragen an ihren Enden Ketten länglicher Gebilde, den Konidien gewisser Fadenpilze vergleichbar.

Die Streptotricheen sind meist grampositiv, doch finden sich häufig gramnegative Partien, in denen die grampositiven Anteile als kugelige Gebilde in der in der Kontrastfärbung erscheinenden Hülle liegen. Manchmal, besonders in fettreichem Gewebe, z. B. im Gehirn, weisen die Streptotricheen eine gewisse Säurefestigkeit auf und können dann unter Umständen mit T-B verwechselt werden. In Kulturen wachsen die meisten Streptotricheen schon auf den gewöhnlichen Nährböden, zum Teil allerdings sehr langsam, erst nach mehreren Tagen, zum Teil auch nur unter Luftabschluß. Junge Agaroberflächenkulturen scheinen als glatter, oft allerdings sehr zäher Belag, äußerlich Bakterienkulturen vergleichbar; ältere Kulturen zeigen trockene kreidige oder lebhaft gefärbte Auflagerungen. Im Tierversuch (Kaninchen) erweisen sich manche Arten als pathogen, meist im Sinne chronischer Erkrankung.

Zu den Streptotricheen gehören auch oder stehen ihnen jedenfalls nahe:

Die Strahlenpilze oder Aktinomyceten.

Erreger einer charakteristischen, meist vom Zahnfleisch oder von kariösen Zähnen ausgehenden Krankheit bei Mensch und Rind, die mit derber, oft sehr ausgedehnter geschwulstartiger Infiltration der Weichteile mit Eiterung, Fistelbildung und Gewebszerfall einhergeht. Im Eiter gelbliche Körnchen

(Drusen), die bei mikroskopischer Untersuchung als aus einem Knäuel verzweigter Fäden sich bestehend erweisen; die Fäden zeigen am peripheren Ende kolbige Verdickungen, die bei Gram-Pikrokarminfärbung in der Kontrastfarbe darstellbar sind. Der Pilz läßt sich auch durch Zerzupfen in 10%iger Kalilauge oder Essigsäure in seinem Aufbau deutlich sichtbar machen.

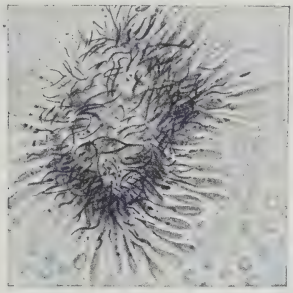


Fig. 30. Aktinomyces-Druse. Aus Flügge, a. a. O. S. 423. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 1000.

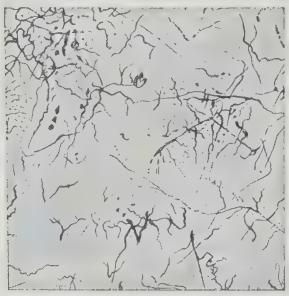


Fig. 31. Aktinomyces, Reinkultur. Aus Flügge, a. a. O. S. 420. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 500.

Es gibt mindestens zwei Arten pathogener Strahlenpilze, die teils aerob, teils nur anaerob wachsen. Die Strahlenpilze wachsen saprophytisch auf Gräsern, Getreideähren und gelangen beim Zerkauen solcher Pflanzenteile ins Zahnfleisch oder in schadhafte Zähne, von wo aus, häufig direkt nachweisbar seitens dieser Pflanzenfasern, die Entwicklung des Pilzes im Gewebe stattfindet.

II. Pathogene Faden- oder Schimmelpilze.

Erreger gewisser Haut-, Nagel- und Haarerkrankungen (Favus, Mikrosporie, Pityriasis, Trichophytien), aber auch von Erkrankungen des

Fig. 32. Penicillium glaucum. Aus Flügge, a. a. O. S. 418. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 500.

Fig. 33. Aspergillus niget. Aus Flügge, a. a. O. S. 419. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 350.

Gehörgangs, der Schleimhäute, der oberen Atmungswege, des Bronchialbaums, der Lungen, Niere und anderer innerer Organe. Vorbedingung für die pathogene Wirkung der Fadenpilze ist selbstverständlich ihre Fähigkeit, bei 37°

zu wachsen, die z. B. unter den gewöhnlichen Schimmelpilzen nur gewissen Arten von Mucor und Aspergillus zukommt. Die Diagnose erfolgt auf Grund der charakteristischen Form und Farbe der Sporen: bei Penicillium pinselförmige Aufteilung der Hyphen und Bildung endständiger Sporen (Konidien), bei Aspergillus rundliche Sporenträger, auf denen durch Vermittlung kurzer Zwischenglieder (Sterigmen) die Sporen sitzen, bei Mucor endogene Sporenbildung im Inneren eines schlauchförmigen Gebildes, das nach erfolgter Reifung sehr leicht platzt und die Sporen austreten läßt. Beobachtung der Fadenpilze am besten im ungefärbten Zustand nach Zerzupfen in folgender Lösung (da sich die Pilze mit Wasser nur schwierig benetzen): Alkohol und Liquor Ammon. caust. ana 25,0, Glyzerin 15,0, Aq. destill. 35,0, Nach Gram positiv.

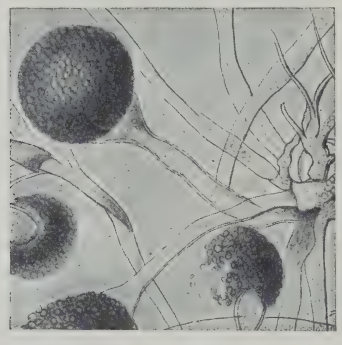


Fig. 34. Mucor mucedo. Aus Flügge, a. a. O. S. 418. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 500.

Fig. 35. Soorpilz. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 283. Vergr. 1 : 500.

Zu den höher entwickelten Fadenpilzen mit deutlichen verwandtschaftlichen Beziehungen zu den Sproßpilzen gehören:

1. Der Soorpilz (Oidium), Erreger der primär in der Mund- und Rachenhöhle besonders bei Säuglingen und kachektischen älteren Personen auftretenden Soorkrankheit („Schwämmchen"); fädige und ovale hefeartige Gebilde, pathogen für Kaninchen.

2. Sporotrichon (mehrere Nebenarten), Erreger tuberkulosartiger Erkrankungen der Haut, Knochen und innerer Organe; Pilzfäden an der Teilungsstelle spindelförmig aufgetrieben, reichliche hefeartige Zellen, bräunliche Sporen; tierpathogen besonders für Ratten.

3. Die Erreger einer Reihe von Haut- und Haarkrankheiten (Mikrosporie, Favus, Trichophytien, Tinea, Pityriasis, Erythrasma): morphologisch und kulturell für den Nichtspezialisten schwierig voneinander zu unterscheiden, am besten den dermatologischen Fachmann anrufen. Von hygienischem Gesichtspunkt aus besonders wichtig, daß diese Krankheiten, die zum Teil sehr ansteckend sind, teils durch direkten Kontakt von Mensch zu Mensch, teils von erkrankten Tieren (Hunden, Katzen u. a.) übertragen werden.

III. Pathogene Sproß- oder Hefepilze.

Abgesehen von den bereits genannten Erregern von Soor und Haut- und Haarkrankheiten Blastomykosen in Gestalt eiteriger fistulöser Prozesse (Kartulis) oder sarkomähnlicher Tumoren (Busse). Nachweis durch Gramfärbung im Gewebe, wo die kugeligen oder ovalen Hefezellen blauschwarz gegenüber dem in der Kontrastfarbe erscheinenden Gewebe sich abheben. Beobachtung der charakteristischen Vermehrung. Auch Sprossung in künstlichen Kulturen. Letztere werden hier wie bei den Faden-

pilzen am besten auf Nährböden (Agar) von schwach saurer Reaktion mit Zusatz von Traubenzucker oder von Pflanzensäften (Bierwürze, Pflaumendekokt usw.) angelegt.

C. Pathogene Spirochäten.

I. Allgemeine Methodik.

Zur Darstellung sämtlicher Spirochäten kommen vorzugsweise in Betracht. Im lebenden Zustand mit Eigenbewegung: Beobachtung im Dunkelfeld (vgl. Bd. 1, S. 221ff.); im angetrockneten ungefärbten Zustand: Tusche- oder Kollargolpräparat, letzteres, ganz analog dem Tuschepräparat, durch Ausstreichen des zu untersuchenden Materials mit einem Tropfen Kollargol anzulegen; im gefärbten Zustand nach Giemsa (Bd. 1, S. 382) oder Färbung nach Kliewe mit vorgängiger Beizung mit Permanganatlösung, wodurch selbst sonst schwierig und meist erst nach längerer Einwirkungszeit färbbare Spirochäten (z. B. Sp. pallida) viel rascher dargestellt werden können und überdies dicker erscheinen und leichter erkannt werden.

Färbung nach Kliewe: Die fixierten Präparate werden 2 Minuten mit 1%iger wässeriger Kaliumpermanganatlösung behandelt, in Wasser abgespült, mit verdünnter Karbolfuchsinlösung (1 : 5 bis 10) 2 Minuten gefärbt, abgespült und getrocknet. Die so behandelten Spirochäten erscheinen viel dicker als bei einfacher Färbung, was ihren Nachweis sehr erleichtert, offenbar weil (ähnlich wie bei der in Bd. 1, S. 383f.) besprochenen Geißelfärbung ektoplasmatische Schichten, die sonst die Farbe nicht aufnehmen, nach der vorangegangenen Beizung gefärbt werden.

Sehr gut verwendbar ist für die Darstellung der Spirochäten auch die Färbung nach Giemsa (vgl. Bd. 1, S. 382), deren Dauer hier besonders für sehr zarte Gebilde, wie die Spirochaete pallida, ohne Gefahr der Überfärbung auf 24 Stunden ausgedehnt werden kann und die gewisse Verschiedenheiten im Farbton bei verschiedenen Spirochäten in Erscheinung treten läßt: insbesondere erscheint die Spirochaete pallida blaßrosa (daher ihr Name) gegenüber den meisten anderen rotviolett gefärbten Spirochäten.

Vor allem eignen sich die Versilberungsverfahren (Bd. 1, S. 384) zur Darstellung der Spirochäten, für Ausstrichpräparate die Methode von Fontana, für Schnittpräparate das Verfahren von Levaditi, insbesondere für Gehirnschnitte in der Modifikation von Jahnel.

Die Züchtung der Spirochäten auf künstlichen Nährböden ist schwierig und kommt für praktische Zwecke kaum in Betracht; sie hat in eiweißhaltigen Nährböden bei Luftabschluß zu erfolgen, da die Spirochäten auf eine minimale Sauerstoffspannung abgestimmt sind; am einfachsten gelingt die Züchtung in flüssigem Blutserum oder Serumbouillongemisch unter Hinzufügen eines Stückchens steriler tierischer Organe (Leber, Niere) und unter Überschichten der Nährflüssigkeit mit Paraffin (vgl. Bd. 1, S. 417); für manche Fälle empfiehlt sich ein festweiches Agar-Serumgemisch, in dem die Spirochätenkulturen in Form hauchartiger Trübungen wachsen.

Desto wichtiger ist für die Untersuchungspraxis der Tierversuch, dessen Einzelheiten, weil von Fall zu Fall verschieden, bei den speziellen Arten der Spirochäten kurz besprochen werden.

II. Spezielles über die wichtigsten Spirochätosen.

1. **Mundspirochäten** finden sich als Epiphyten fast in jeder normalen Mundhöhle, besonders am Zahnfleischsaum der hinteren Molaren. Bei verschiedenen Krankheiten der Mundhöhle sind diese Spirochäten sehr zahlreich und finden sich in ungeheuren Mengen im Eiter bei Pyorrhoea alveolaris, sowie im zerfallenen Gewebe bei Noma (hier allerdings meist vergesellschaftet mit verschiedenen Bakterien). Es ist unwahrscheinlich, daß die Spirochäten bei diesen Affektionen eine ursächliche Rolle spielen; sie sind vielmehr als sekundäre Eindringlinge aufzufassen, denen die Stätte durch jene Erkrankungen bereitet wird.

Dagegen steht die ätiologische Rolle der Spirochäten bei der **Angina Plaut-Vincent** wohl unzweifelhaft fest, wo sie vergesellschaftet mit spindelförmigen (fusiformen) Bazillen vorkommen. Das mikroskopische Ausstrichpräparat sichert die Diagnose; man versäume nie, gleichzeitig auf Diphtheriebazillen zu untersuchen, um nicht etwa eine bestehende Diphtherie zu übersehen und die spezifische Serumtherapie zu verabsäumen!

2. **Rekurrensspirochäten** (Spirochäten des **Rückfallfiebers**), mindestens in zwei wohl charakterisierten verschiedenen Arten (Erreger des russischen und des zentralafrikanischen Rückfallfiebers), daneben noch in einigen Abarten (indische, nordafrikanische, amerikanische Varietät der Rekurrens) vorkommend. Der wesentliche praktische Unterschied zwischen russischer und zentralafrikanischer Rekurrens besteht darin, daß erstere durch Kleiderläuse, letztere durch die Zecke Ornithodorus moubata übertragen wird (daher auch als Zeckenfieber) bezeichnet. In der Zecke findet eine mikroskopisch feststellbare außerordentlich starke Vermehrung der Spirochäten auf dem Ovarium statt, wodurch die epidemiologisch festgestellte Tatsache des Übergangs des Virus durch germinative Infektion

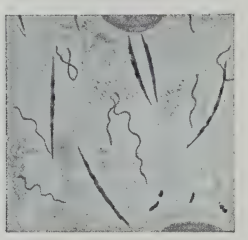


Fig. 36. Spirochäten und spindelförmige Bazillen bei Angina Plaut-Vincent. Aus Flügge, a. a. O. S. 603. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 1000.

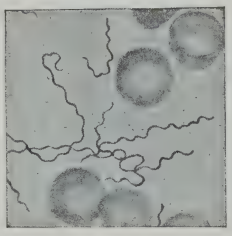


Fig. 37. Rekurrensspirochäten im Blutausstrich. Aus Flügge, a. a. O. S. 597. (Nach Gotschlich u. Schürmann.) Vergr. 1 : 700.

auf die Nachkommen, ja selbst auf die Enkelgeneration der infizierten Zecken sich erklärt.

Beim Arbeiten mit diesen infizierten Zecken sind schon mehrfach Laboratoriumsinfektionen erfolgt; um das Entweichen der Zecken zu verhüten, stelle man die Gläser, in denen die Zecken gehalten werden, in einen mit roher Schwefelsäure gefüllten Untersatz: im Gegensatz zu den erwachsenen Imagines (mit vier Beinpaaren) vermögen die (mit nur drei Beinpaaren versehenen) Zeckenlarven an der Glaswand emporzuklimmen.

Die Verschiedenheit des Überträgers bedingt eine vollständige Verschiedenheit des epidemiologischen Bildes der beiden Haupttypen des Rückfallfiebers; während die europäische Rekurrens von erkrankten Menschen ausgeht und durch direkten Kontakt von Mensch zu Mensch übertragen wird, haftet die zentralafrikanische Rekurrens an der Örtlichkeit, wo die einmal infizierten Zecken und ihre Nachkommen im Boden ihre Schlupfwinkel haben und von dort nur gelegentlich nachts auf den Menschen übergehen, um Blut zu saugen.

Der Nachweis der Rekurrensspirochäten, kenntlich durch ihre verhältnismäßige Größe, ihre 4—6 flachen Windungen, oft auch durch ungefärbt bleibende Vakuolen, gelingt nur während der Fieberanfälle, am besten auf der Höhe des Fiebers; im fieberfreien Intervall sind die Spirochäten aus dem Blute verschwunden, sei es, daß sie sich in gewisse innere Organe

zurückgezogen haben, sei es, daß sie bisher noch unerkannte submikroskopische Formen im Zyklus ihrer Entwicklung bilden. Gegen Ende des Fieberanfalls sind die Spirochäten oft in Knäueln zusammengeballt, wahrscheinlich als Ausdruck einer der Agglutination analogen spezifischen Serumwirkung (Agglomeration). Versagt der mikroskopische Nachweis, auch nach dem Anreicherungsverfahren im „dicken Tropfen" (vgl. Bd. 1, S. 491), so können selbst vereinzelte Spirochäten noch durch den Tierversuch (am einfachsten intraperitoneale Verimpfung auf weiße Mäuse) nachgewiesen werden. Auch auf serologischem Wege ist die Diagnose, besonders von abgelaufenen Krankheitsfällen zu erbringen, wenn man lebende Rekurrensspirochäten vorrätig hat, die durch Rekonvaleszentenserum abgetötet werden. Künstliche Kultur gelingt nicht mit Sicherheit.

3. **Spirochaete icterogenes** (Sp. der **Weilschen Krankheit**). Der Nachweis gelingt im Blute des erkrankten Menschen nur in den ersten Krankheitstagen, und zwar meist auch nicht direkt, sondern erst nach Anreicherung im Meerschweinchen. Das Patientenblut wird, frisch entnommen, sofort auf Meerschweinchen übertragen, und zwar jedesmal auf mehrere Tiere; am sichersten haftet die Infektion nach direkter Verimpfung von etwa 0,5 ccm Blut ins Herz (betreffs der Methodik vgl. Bd. 1, S. 472); demnächst kommt intraperitoneale Übertragung von etwa 5 ccm Blut in Betracht, während subkutane Impfung unzuverlässig ist. Die geimpften Tiere gehen in etwa 4—6 Tagen mit ikterischen und hämorrhagischen Symptomen zugrunde; in ihrer Leber findet man massenhaft Spirochäten. Bei Genesenden finden sich die Spirochäten oft im Urin; auch ist hier, wie auch bei abgelaufenen Fällen, die Diagnose auf serologischem Wege nach Analogie des Pfeifferschen Versuchs (vgl. Bd. 1, S. 518f.) möglich, indem durch Immunserum im Tierversuch die Spirochäten zur Auflösung gebracht werden. Die künstliche Kultur gelingt am sichersten durch Vermischen des virushaltigen Blutes mit dem etwa 50fachen Volumen gewöhnlichen Leitungswassers. Als Ansteckungsquelle kommt nicht nur der erkrankte Mensch, sondern auch die Ratte in Betracht, die häufig Spirochäten vom Weil-Typus beherbergt. Das Virus gelangt offenbar mit dem Harn infizierter Menschen und Ratten ins Wasser, das für Trink- oder Badezwecke verwendet wird; so erklären sich die mehrfach beobachteten Ausbrüche Weilscher Krankheit, ausgehend von Badeanstalten. Von grundsätzlicher Bedeutung ist endlich die von Uhlenhuth und Zuelzer gemachte Feststellung, daß harmlose Spirochäten, wie sie sich an ganz seuchenfreien Orten im Leitungswasser finden, durch Übertragungen auf Meerschweinchen so stark virulent werden können, daß sie schließlich beim Versuchstier typische Weilsche Krankheit hervorrufen.

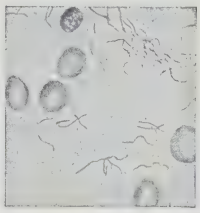


Fig. 38. Spirochaete icterogenes. Ausstrich aus Meerschweinchenleber. Vergr. 1 : 500. Aus Flügge, a. a. O. S. 601. (Nach Gotschlich u. Schürmann.)

4. Als **Leptospira icteroides** und Erreger des **Gelbfiebers** wurde eine Spirochäte beschrieben, die Noguchi durch Verimpfung des Patientenblutes während der ersten 3—4 Krankheitstage auf Meerschweinchen zu übertragen vermochte. Das Virus wird, übereinstimmend mit den epidemiologischen Feststellungen (zuerst von Finlay) und den großen Erfolgen der systematisch auf diese Erkenntnisse gestützten praktischen Verhütungs- und Bekämpfungsmaßnahmen, durch eine bestimmte Mückenart (Aëdes

aegypti, Stegomya calopus) übertragen, in der das Virus in ultravisibler Form existiert. Diese zu den Culiciden gehörige Mücke ist gekennzeichnet durch eine silberglänzende, lyraförmige Zeichnung auf dem Thorax und durch ebensolche Flecken an den Seiten. Ganz neuerdings ist es nach Schüffner zweifelhaft geworden, ob das Gelbfiebervirus wirklich eine Spirochäte ist, oder nicht vielmehr nur in submikroskopischer Form existiert. Für diagnostische Zwecke an Leichen ist besonders das regelmäßige Vorkommen schwerer Nekrosen im Zentrum der Leberacini charakteristisch (W. Hoffmann).

5. Fieberhafte Krankheiten von leichterem Verlauf als die Weilsche Krankheit sind als **japanisches Siebentagefieber** und **kurzfristiges Fieber von Niederländisch-Indien** bekannt und werden gleichfalls durch Spirochäten verursacht (Sp. hebdomadis bzw. Leptospira pyrogenes [Vervoort)]. Nachweis wie bei der Weilschen Krankheit; als Virusträger der Sp. hebdomadis kommt die Feldmaus in Betracht.

6. Die in Japan heimische **Rattenbißkrankheit** (Sokodu), im Anschluß an einen Rattenbiß entstehend und durch örtliche Entzündung oder Nekrose von der Bißstelle, sowie langandauerndes unregelmäßiges Fieber mit allgemeinem Exanthem ausgezeichnet, wird durch die Sp. morsus muris (Takaki) — nach anderen als Spirillum zu bezeichnen — hervorgerufen. Der Erreger ist durch kurze gedrungene Gestalt (oft nur zwei Windungen) ausgezeichnet, im Blut und Urin nachweisbar und auf gewöhnliche Laboratoriumstiere übertragbar. Gleiche (oder ähnliche) Erkrankungen sind auch schon in Europa, speziell in Deutschland, nach Biß von Ratten und anderer Nagetiere beobachtet.

7. Die **multiple Sklerose** des Menschen wird (nach Ph. Kuhn und Steiner) durch Spirochäten verursacht, die in charakteristischen Haufen hauptsächlich in den Gefäßen sitzen. Die Übertragung auf Versuchstiere (Kaninchen, Affen) gelingt nur von ganz frischen Fällen aus (durch Blut oder Liquor). Die Laboratoriumstiere erkranken unter analogen klinischen und pathologisch-anatomischen Erscheinungen wie der Mensch. Für die Übertragung der Infektion unter natürlichen Verhältnissen kommen zwei Möglichkeiten in Betracht: Kontakt mit Kranken oder Virusträgern, wofür der gelungene Nachweis des Erregers im Nasenrachenraum spricht, — andererseits Übertragung durch Zecken, wofür man gewisse epidemiologische Beobachtungen angeführt hat, nach denen besonders Angehörige der ländlichen Bevölkerung, Waldarbeiter u. dgl. befallen werden.

8. Die **Framboesie,** eine in den Subtropen und Tropen sehr weit verbreitete, der Lues außerordentlich ähnliche, aber viel gutartigere Infektionskrankheit, verursacht durch die gleichfalls der Sp. pallida sehr ähnliche Sp. pertenuis (Castellani). Lues und Framboesie unterscheiden sich scharf durch ihre spezifische Immunität, die im Affenversuch nur gegenüber dem homologen, nicht aber gegenüber dem heterologen Erreger zustande kommt. Nachweis der Sp. pertenuis in den charakteristischen himbeerartigen Hauteffloreszenzen, die der Krankheit den Namen gegeben haben. Übertragung unter natürlichen Verhältnissen durch direkten Kontakt und Fliegen.

9. Die **Lues (Syphilis),** hervorgerufen durch die **Sp. pallida** (Schaudinn und Hoffmann). Die mikrobiologische Diagnose der Lues erfolgt entweder durch den Nachweis der Spirochäten oder durch immunbiologische Methoden. Der mikroskopische Nachweis der Sp. pallida, kenntlich durch ihre Zartheit, blasse Färbung und ihre zahlreichen

steilen, starren, korkzieherartigen Windungen, gelingt bei einiger Übung relativ leicht und sicher in primären und sekundären Herden, ferner — allerdings oft erst nach genauester Durchsicht zahlreicher Präparate — bei den sogenannten metaluetischen Prozessen, richtiger Spätmanifestationen der Lues, im Zentralnervensystem, vor allem im Paralytikerhirn; in tertiären Manifestationen der Lues, in denen offenbar (speziell im Gumma) der Erreger nur in spärlicher Menge vorhanden ist, kommt der mikroskopische Spirochätennachweis praktisch nicht in Frage. Die Technik der Probeentnahme ist maßgebend für das Gelingen des Spirochätennachweises; man sucht durch leichtes Skarifizieren des Primäraffektes oder der sekundären Papeln, Geschwüre, Condylomata lata usw. (mittels des Skalpells oder noch schonender durch Reiben mit dem Deckglasrand) ein Tröpfchen des sogenannten „Reizserums" unter möglichster Vermeidung von stärkerer Blutung zu gewinnen, in dem die Spirochäten ziemlich reichlich vorkommen; aus geschwollenen Lymphdrüsen (venerischen Bubonen) aspiriert man ein Tröpfchen Gewebssaft mittels Punktion mit etwas weiter Nadel und Record-Spritze.

In Leichenmaterial (Leber des Fötus, Großhirnrinde des Paralytikers), worin die Syphilisspirochäten oft in ungeheurer Zahl vorhanden sind, erfolgt der Nachweis durch Versilberung an dünnen Gewebsschnitten (vgl. oben S. 591).

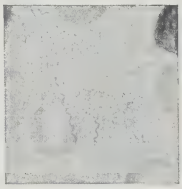


Fig. 39. Spirochaete pallida. Ausstrich von Reizserum. Vergr. 1 : 1000. Aus Flügge, a. a. O. S. 599. (Nach Gotschlich u. Schürmann.)

Bei negativem Ausfall der mikroskopischen Untersuchung kommt der Tierversuch in Betracht, der früher an Affen angestellt werden mußte, jetzt aber durch die besonders von Uhlenhuth ausgearbeitete Technik der Injektion in den Testikel des Kaninchens sehr vereinfacht worden ist; es entsteht sowohl ein lokaler Herd mit massenhaftem Spirochätenbefund, wie sekundäre und tertiäre Manifestationen ganz nach Analogie der luetischen menschlichen Allgemeininfektion. Vorsicht vor Laboratoriumsinfektion beim Hantieren mit den infizierten Tieren, die am besten nur mit starken Lederhandschuhen anzufassen sind. Bei der Bewertung positiver Befunde nehme man sich vor Verwechslung mit der der Lues sehr ähnlichen in manchen Kaninchenbeständen weit verbreiteten endemischen Spirochaetosis cuniculi in acht!

Von den immunologischen Verfahren sind zu nennen: Einerseits die Luetinprobe, d. h. die nach Analogie des kutanen Tuberkulintests angestellte intrakutane Injektion eines Extrakts von Reinkulturen der Sp. pallida, die beim Gesunden reaktionslos verläuft, beim Luetiker hingegen eine spezifische lokale Reaktion zur Folge hat.

Von ungleich größerer Bedeutung für die Praxis sind die auf dem Prinzip der Komplementbindung (Bd. 1, S. 537ff.) aufgebaute **Wassermannsche Reaktion** („Wa-R"), sowie die physikalisch-chemischen Flockungs- und Trübungsreaktionen.

Betreffs des Wesens der Komplementbindungsreaktionen vgl. in Bd. 1, S. 537f.; hier sei daran erinnert, daß diese Reaktion in zwei Phasen verläuft, in deren erster bei positivem Ausfall der Probe, wenn der Patient an der Krankheit leidet, deren Erreger bzw. seine Produkte als Antigen dienen, eine spezifische Antigen-Antikörperbindung eintritt und gleichzeitig hinzugesetztes Komplement verankert wird, ohne daß dadurch eine direkt sinnfällige Veränderung zustande kommt; in der zweiten Phase wird der Nach-

weis, ob das Komplement gebunden war oder noch frei ist, auf indirektem Wege durch Zusatz eines Indikators, hier des sogenannten hämolytischen Systems (Hammelblutkörperchen + hammelblutlösender Ambozeptor) geführt, das ungelöst bleibt, wenn das Komplement in der ersten Phase verankert war (positiver Ausfall der Reaktion), das dagegen gelöst wird, wenn das Komplement mangels spezifischer Antigen-Antikörperbindung in der ersten Phase frei geblieben war (negativer Ausfall der Reaktion). Von diesen Gedankengängen ausgehend, kamen v. Wassermann und seine Mitarbeiter zur Entdeckung der nach ihm benannten Reaktion. In der heute allgemein üblichen Form der Wa-R wird Luesantigen (Extrakt von luetischer Fötalleber, in der bekanntlich ungeheure Mengen von Luesspirochäten nachweisbar sind) mit Patientenserum und Komplement zusammengebracht und aus der erfolgten Bindung des Komplementes der Schluß gezogen, daß Lues-Antikörper im Serum vorhanden sind. Von dieser ursprünglichen Theorie der Wa-R mußte abgegangen werden, als sich ergab, daß der positive Ausfall der Wa-R auch erhalten wird, wenn statt eines spezifischen luetischen Antigens ein Extrakt aus Organen normaler Tiere, und zwar solcher, die für Lues vollständig unempfänglich sind (Ochsenherzextrakt), verwendet wurde; auch solche Normalorganextrakte geben mit Syphilitikerserum Komplementbindung, nicht aber mit Serum Gesunder oder anderweitig Kranker (abgesehen von den für die Luesdiagnose praktisch bedeutungslosen Fällen vorübergehend positiven Ausfalls bei Scharlach, Fleckfieber, Lepra); die Wa-R muß zwar hiernach anders gedeutet werden, wahrscheinlich als physikalisch-chemische Lipoid-Globulinreaktion (vgl. Bd. 1, S. 538f.), ihre praktische Brauchbarkeit bleibt aber bestehen, weil eben nur im Serum des Syphilitikers jene Veränderungen auftreten, die zum positiven Ausfall der Wa-R führen.

Hier müssen diese wenigen Worte genügen, um das praktische Verständnis der Wa-R zu ermöglichen. Wir wenden uns sogleich zur Technik der Wa-R und zur Besprechung der Gewinnung und richtigen Behandlung der einzelnen Reagentien. Bei den vielen Fehlerquellen, denen eine solche komplizierte biologische Reaktion ausgesetzt ist, muß die Anstellung dieser Probe mit allen Vorsichtsmaßnahmen erfolgen und bestehen in Deutschland hierfür besondere amtliche Vorschriften, die in „Volkswohlfahrt“ 1920, Nr. 13, veröffentlicht sind. Die gewerbsmäßige Ausführung der Wa-R ist an die Erteilung einer amtlichen Genehmigung geknüpft, die nur dann verliehen wird, wenn die betreffenden Personen sich über die hierzu erforderlichen Kenntnisse und Fertigkeiten auszuweisen vermögen und wenn andererseits sowohl die Untersuchungsstellen die entsprechend technische Ausrüstung besitzen, als auch betreffs der einwandfreien Beschaffenheit der verwendeten Reagentien volle Gewähr besteht.

Für die einzelnen Reagentien gelten folgende Bestimmungen:

Als Antigen sind stets nebeneinander mindestens drei Extrakte zu verwenden, von denen eines vom Untersucher selbst hergestellt sein darf, während die beiden anderen staatlich geprüft sein müssen; zweckmäßig verwendet man zwei Lues-Leberextrakte und ein Normal-Organ-Extrakt.

Zur Herstellung des luetischen Extraktes wird die (vorher mikroskopisch auf ihren Gehalt von Spirochäten geprüfte) Leber nach Zerkleinern und gründlichem Verreiben im Mörser mit Seesand mit 95%igem Alkohol (50 ccm auf je 1 g Leber) versetzt und 48 Stunden stehen gelassen, dann 12 Stunden im Brutschrank, hierauf stundenlang im Schüttelapparat geschüttelt und bis zur völligen Klarheit durch Papier filtriert. Normal-Organ-Extrakt wird in ähnlicher Weise aus feinzerschnittenem Meerschweinchen- oder Ochsenherz durch Behandlung mit Alkohol hergestellt; solches Normalextrakt ist nicht länger als 14 Tage

haltbar, während mit Cholesterin versetzte Extrakte sowie luetische Leberextrakte, denen häufig noch Cholesterin zugefügt wird, bei Aufbewahrung im Eisschrank vor Licht und Luft geschützt, viele Monate hindurch haltbar sind.

Die höchst-zulässige Gebrauchsdosis der Extrakte muß durch mehrfache Vorversuche (Extraktkontrolle) mit sicher positiv und sicher negativ reagierenden Patientenseren ausprobiert sein, wobei sowohl Eigenhemmung (d. h. Störung der Auflösung der Blutkörperchen durch spezifischen Ambozeptor) wie Eigenlösung (d. h. etwaige Lösung der Blutkörperchen bereits durch das Extrakt allein) ausgeschlossen sein müssen. Die höchste zulässige Konzentration des Extraktes in der Verdünnung mit physiologischer Kochsalzlösung ist bei käuflichen Extrakten auf dem Schildchen angegeben; ebenso finden sich Vorschriften über die Art der Herstellung der Verdünnung (rasch oder langsam zur Kochsalzlösung hinzufügen, eventuell nachheriges starkes Schütteln), die nicht gleichgültig ist, weil dadurch der Dispersitätsgrad dieser kolloidalen Lösung bestimmt wird.

Das Komplement muß von der Untersuchungsstelle selbst hergestellt sein. Das Komplement darf nur von gesunden Meerschweinchen stammen, die noch nicht zu anderen Versuchen verwendet worden waren; zweckmäßig mischt man das Serum mehrerer Meerschweinchen, um individuelle Differenzen auszuschalten. Das Komplement muß ganz frisch, jedenfalls nicht älter als 24 Stunden sein und in diesem Falle im Eisschrank konserviert werden. Die Prüfung des Komplements auf seine Wirksamkeit geschieht gleichzeitig mit der Austitrierung des hammelblutlösenden Ambozeptors. (Betreffs der Gewinnung des Meerschweinchenserums vgl. Bd. 1, S. 493.)

Das Patientenblut, das (außerhalb der Stunden der Verdauung) am besten durch Venenpunktion mit steriler Nadel, weniger gut mit Schröpfkopf, zu entnehmen ist (vgl. Bd. 1, S. 492), soll möglichst bald zentrifugiert werden, weil das Serum bei längerem Kontakt mit den Blutkörperchen alteriert werden kann. Für die Original-Wassermann-Reaktion ist das Patientenserum zu inaktivieren ($\frac{1}{2}$ Stunde bei 56° im Wasserbad erhitzen), und zwar auch möglichst bald nach der Entnahme. Das so behandelte Patientenserum ist dann tagelang im Eisschrank haltbar. Schwach blutig gefärbte Sera sind zur Wassermann-Reaktion oft noch brauchbar, stärkere Eigenhämolyse macht das Serum ungeeignet. Betreffs der Modifikationen der Wassermann-Reaktion mit Verwendung aktiver (d. h. nicht „erhitzten") Patientenserums vgl. unten S. 600.

Der hammelblutlösende Ambozeptor, gewonnen von Kaninchen durch mehrmalige, in Zeitabschnitten von etwa 5 Tagen vorgenommene, intravenöse Injektion von je 2 ccm oder intraperitoneale Injektion von je 10—20 ccm Hammelblut, Zentrifugieren und Inaktivieren des Serums ($\frac{1}{2}$ Std. bei 56° C) muß staatlich geprüft sein. Der Ambozeptor ist, dunkel und kühl aufbewahrt, monatelang haltbar; sein Titer muß jedesmal mit dem zur Verwendung gelangenden Komplement durch den hämolytischen Vorversuch vorher ausgewertet werden (vgl. unten).

Die roten Hammelblutkörperchen werden frisch, am Versuchstag oder frühestens am Abend vorher in folgender Weise gewonnen; das Blut wird durch Punktion der Vena jugularis entnommen, durch Schütteln mit sterilen Glasperlen im sterilen Kölbchen sofort defibriniert, im Zentrifugenglase der Füllungszustand markiert, nach Zentrifugieren das Serum abgesaugt und durch 0,85%ige sterile Kochsalzlösung ersetzt; diese Waschung der roten Blutkörperchen wird (zwecks Entfernung der anhaftenden Reste von Komplement) dreimal wiederholt und dann der Bodensatz im Verhältnis von 1 : 20 mit 0,85%iger Kochsalzlösung verdünnt; hierbei darf nicht etwa schon Hämolyse eintreten!

Es sind also fünf verschiedene Reagentien zur Wa-R erforderlich, von denen man die Extrakte (Antigene) und den Ambozeptor von anerkannten Serumwerken oder chemisch-pharmazeutischen Firmen bezieht, Komplement und Hammelblutaufschwemmung selbst herstellt und mit dem eingesandten Patientenblut verarbeitet. Jedes dieser Reagentien wird in den sogleich zu besprechenden Verdünnungen in je 0,5 ccm angesetzt, so daß das Gesamtvolum 2,5 ccm beträgt. Aus Ersparnisrücksichten kann auch nur die Hälfte dieser Volumina, also je 0,25 ccm, angewandt werden, so daß die Gesamtmenge 1,25 ccm beträgt.

Betreffs der Dosierung der Extrakte vgl. oben. Das Patientenserum findet in fünffacher Verdünnung (0,1 ccm Serum + 0,4 ccm Kochsalzlösung) Anwendung, das Komplement in 10facher Verdünnung. Vom Ambozeptor nimmt man das drei- bis vierfache derjenigen kleinsten Dosis, die im Vorversuch sich als noch komplett lösend erwies und jedenfalls mindestens die nach vorhergegangenem Zusammenwirken von Extrakt und Komplement (ohne Serum) noch erforderliche Ambozeptormenge, welche letztere infolge der störenden Wirkung der vorher angewandten beiden Reagentien meist größer ist als die kleinste lösende Menge bei der einfachen Austitrierung des Ambozeptors mit Komplement allein. Blutkörperchenaufschwemmung und Ambozeptor („hämolytisches System") werden etwa 15—30 Minuten vorher gemischt und bei 37° C gehalten („sensibilisiert").

Beispiel für die Austitrierung des Ambozeptors.

a) Bestimmung der eben noch völlig lösenden Dosis allein.

Nr. des Röhrchens:	1	2	3	4	5	6	7	8
	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm
Ambozeptor in Verdünnung 1:500	0,5	0,25	0,17	0,13	0,08	0,06	0,05	0,04
0,85%ige NaCl-Lösung	0	0,25	0,33	0,37	0,42	0,44	0,45	0,46
Hammelblutkörperchenaufschwemmung 1:20	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Komplement 1:10	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Resultierende Ambozeptorverdünnung in je 0,5 ccm	1:500	1:1000	1:1500	1:2000	1:3000	1:4000	1:5000	1:6000
Hämolyse nach Ergebnis: $^1/_2$-stündiger Aufenthalt im Wasserbad bei 37°	komplett	komplett	komplett	komplett	komplett	unvollständ.	Spur	0

b) Bestimmung der eben noch völlig lösenden Dosis bei Gegenwart von Extrakt:

Nr. des Röhrchens:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm
Ambozeptor in Verdünnung 1:500	0,5	0,25	0,17	0,13	0,08	0,06	0,05	0,04
0,85%ige Kochsalzlösung	0	0,25	0,33	0,37	0,42	0,44	0,45	0,46
Hammelblutkörperchenaufschwemmung 1:20	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Nach halbstündigem Aufenthalt im Wasserbad bei 37° wird je 1,5 ccm einer gleichfalls ½ Stunde im Wasserbad bei 37° gehaltenen Mischung von je 0,5 ccm Extraktverdünnung (vgl. oben S. 597), 0,5 ccm Kochsalzlösung und 0,5 ccm Komplementlösung 1:10 zugefügt.

Resultierende Ambozeptorverdünnung in je 0,5 cm	1:500	1:1000	1:1500	1:2000	1:3000	1:4000	1:5000	1:6000
Ergebnis der Hämolyse nach $^1/_2$ Stunde	komplett	komplett	komplett	unvollständ.	Spur	0	0	0

Die nachher im Hauptversuch zu wählende Gebrauchsdosis wäre hiernach das Dreifache von 1:3000, d. h. 1:1000, die — wie aus Tabelle b) hervorgeht — auch bei Anwesenheit des Extrakts noch völlig ausreicht.

Der Hauptversuch nach der Original-Wassermann-Methode gestaltet sich also folgendermaßen; die Verdünnung der Extrakte (z. B. 1:7) und des Ambozeptors (z. B. 1:600) sind vorher ausprobiert [die Zahlen in eckigen Klammern des nachfolgenden Beispiels gelten also nur für den vorliegenden Fall]; die Verdünnungen des Patientenserums, des Komplements und der Blutkörperchen ein für allemal feststehend (Zahlen in runden Klammern); sämtliche Verdünnungen sind mit 0,85%iger Kochsalzlösung angesetzt.

Bezifferung des Röhrchens	1	2	3
Luet. Extrakt I [1:7] 0,5 ccm		Luet. Extrakt II [1:8] 0,5 ccm	Normal. Organextrakt [1:5] 0,5 ccm
Inaktiviertes Patientenserum (1:5)	0,5 „	0,5 „	0,5 „
Komplement (1:10)	0,5 „	0,5 „	0,5 „

Diese drei Röhrchen kommen „zur Bindung“ auf 60 Minuten in den Brutschrank oder auf 30 Minuten in ein Wasserbad (am besten mit Glaswänden, um Beobachtung zu ermöglichen) bei 37°, dann Zusatz der vorher „sensibilisierten“ Mischung von

Ambozeptor [1:600]	0,5 ccm	0,5 ccm	0,5 ccm
Hammelblutkörperchenaufschwemmung (1:20)	0,5 „	0,5 „	0,5 „

Die drei Röhrchen werden wiederum auf 30 bis 60 Minuten (wie oben) bei 37° gehalten, nachher noch einige Stunden bei Zimmertemperatur, bis die ungelöst gebliebenen Blutkörperchen sich abgesetzt haben bzw. die eingetretene Hämolyse nicht mehr fortschreitet.

Bei positivem Ausfall der Wa-R bleiben die Blutkörperchen in sämtlichen drei Röhrchen ungelöst, wobei man in der Regel 4 Grade unterscheidet:

++++ = sehr stark positiv; die Blutkörperchen sind völlig ungelöst (komplette Hemmung), überstehende Flüssigkeit klar und farblos.

+++ = stark positiv; die Blutkörperchen sind größtenteils ungelöst (fast komplette Hemmung); überstehende Flüssigkeit schwach rötlich.

++ = deutlich positiv; die Blutkörperchen sind zum größeren Teil als „große Kuppe“ ungelöst abgesetzt; die überstehende Flüssigkeit ist schwach rot und trüb.

\+ = schwach positiv; die Blutkörperchen sind zum kleineren Teil als „kleine Kuppe“ ungelöst abgesetzt; die überstehende Flüssigkeit ist rot und schwach trüb.

Von dem letzteren, nicht mehr beweisenden Grade des Ausfalls der Wa-R bis zum zweifelhaften Ausfall (±) bestehen fließende Übergänge; der negative Ausfall (−) zeigt komplette Lösung des Blutes ohne Bodensatz.

Neben dem Hauptversuch sind folgende Kontrollen unerläßlich:

Antigenkontrolle: Die doppelte Konzentration der Verdünnungen der drei Antigene, die im Hauptversuch angewandt war, darf keine Hemmung der Hämolyse ergeben; ein Röhrchen genügt für jedes Antigen.

Serumkontrolle: Die doppelte Konzentration der im Hauptversuch angewandten Verdünnung des Patientenserums darf keine Hemmung ergeben (Röhrchen 4); ein Röhrchen ist für jedes Patientenserum erforderlich, während die Antigenkontrolle und die Austitrierung des Ambozeptors für alle Proben gemeinsam an jedem Versuchstag nur einmal angestellt werden.

Endlich werden Kontrollen mit je einem vom letzten Versuchstag her bekannten sicher positivem und sicher negativem Patientenserum angestellt.

Statt des Patientenserums wird — insbesondere bei Verdacht auf syphilitische Erkrankung des Zentralnervensystems (Lues cerebri, Tabes, Paralyse) — Zerebrospinalflüssigkeit (0,2 ccm + 0,3 ccm Kochsalzlösung) zum Versuch verwendet; diese braucht nicht inaktiviert zu werden, da sie, weil eiweißfrei, kein Komplement enthält.

Positive Befunde der Wa-R sind bei der Original-Wassermann-Technik für Lues beweisend (falls nicht die in der Praxis selten in Betracht kommenden vergänglichen Befunde bei Scharlach, Fleckfieber, Lepra vorliegen). Negative Befunde der Original-Wa-R schließen Lues, besonders wenn es sich um das Ergebnis einer einzigen Untersuchung handelt, nicht aus, da die Wa-R zur Zeit des Primäraffekts meist noch nicht ausgebildet ist und auch in den späteren Stadien (Latenzstadien, tertiäre Lues) negativ ausfallen kann. In solchen Fällen, wo trotz negativer Wa-R begründeter klinischer Verdacht besteht, ist einerseits die Wiederholung der Wa-R mit einer nach einigen Wochen erneut entnommenen Blut- und Liquorprobe zu empfehlen, insbesondere nach Provokation durch intravenöse Injektion einer kleinen Neosalvarsandose (etwa 0,2 g); hiernach wird eine vorher negative Wa-R oft positiv, was sich wahrscheinlich dadurch erklärt, daß etwaige im Körper noch vorhandene Syphilisspirochäten abgetötet werden und durch ihre freiwerdenden Leibessubstanzen zur Bildung von Antikörpern im Serum Anlaß

geben. Andererseits kann auf verschiedenen Wegen eine Erhöhung der Empfindlichkeit der Wa-R versucht werden, was auch in den Fällen geschehen muß, in denen nur schwächer positive Ergebnisse der Wa-R (++ oder +) erhalten wurden oder die Wa-R mit den drei verwendeten Antigenen ungleichmäßige Ergebnisse (z. B. mit Antigen I ++++, mit II +++, mit III +) geliefert hatte.

Hierfür kommen verschiedene Wege in Betracht:

a) Quantitative Austitrierung des Antigens oder des Patientenserums; statt nur einer Probe mit 0,5 ccm der Extraktverdünnung (vgl. oben) setzt man etwa folgende vier Proben mit fallenden Antigendosen an.

	I	II	III	IV
Antigenverdünnung	0,5 ccm	0,25 ccm	0,15 ccm	0,10 ccm
0,85% NaCl-Lösung	0 „	0,25 „	0,35 „	0,40 „

dazu Patientenserum, Komplement und hämolytisches System wie oben.

Oder bei gleichbleibender Antigendosis quantitativ abgestufte Mengen des Patientenserums in der oben vorgeschriebenen Verdünnung von 1 : 5:

z. B.	0,5 ccm	0,25 ccm	0,15 ccm	0,10 ccm
0,85% NaCl-Lösung	0 „	0,25 „	0,35 „	0,40 „

Zeigen dann die positiven Ergebnisse der Wa-R entsprechende Abstufungen, z. B.

++++ +++ ++ +

so spricht dies für den spezifischen Charakter der Reaktion, während gleichbleibende oder unregelmäßige Ergebnisse an unspezifische Reaktionen denken lassen.

b) Quantitative Austitrierung des Komplements (Kaup). Da unter Umständen mit der Möglichkeit zu rechnen ist, daß die allgemein angewandte Komplementmenge von 0,05 (0,5 ccm einer Lösung 1 : 10) nicht vollständig, sondern nur zum Teil verankert wird, so könnte der freibleibende Rest des Komplements einen negativen Ausfall der Wa-R vortäuschen. Zur Ausschließung dieser Fehlerquelle setzt man statt der sonst gebräuchlichen einen Probe mit 0,5 ccm Komplement (immer in der Verdünnung 1 : 10) etwa folgende drei Proben an: I. 0,5 ccm Komplement, II. 0,3 ccm Komplement + 0,2 ccm Kochsalzlösung, III. 0,2 ccm Komplement + 0,3 ccm Kochsalzlösung usw. Fallen dann die Ergebnisse der Versuche II und III stärker aus als der Versuch I, so spricht dies für ein positives Resultat. Selbstverständlich müssen aber auch die negativen Serumkontrollen (vgl. oben S. 599) mit solchen fallenden Komplementdosen angesetzt werden und sind etwaige positive Ergebnisse im Hauptversuch nur insoweit brauchbar, als die Parallelversuche mit sicher negativen Seren bei entsprechend herabgesetzten Komplementmengen noch einwandfrei negative Resultate liefern.

c) Bindung des Antigens mit dem Patientenserum und Komplement in der Kälte (Eisschrank) kann gleichfalls eine Verfeinerung der Wa-R bedeuten.

d) Arbeiten mit nicht-erhitztem („aktivem") Patientenserum zur Vermeidung einer etwaigen Zerstörung hitzeempfindlicher komplementbindender Substanzen. Hiermit ist gleichzeitig der praktische Vorteil einer Vereinfachung der Methodik verknüpft, da man mit dem eigenen Komplement des Patientenbluts arbeitet und kein Komplement künstlich hinzuzusetzen braucht. Von den hierher gehörigen Methoden sei die Sternsche Modifikation genannt, bei der in der ersten Phase der Reaktion ein Fünftel und zwei Fünftel der bei der Original-Wa-R gebräuchlichen Antigenmenge mit je 0,2 ccm nichtinaktiviertem Patientenserum ½ Stunde im Wasserbad bei 37° gehalten werden und dann das hämolytische System mit der dreifach höheren Ambozeptordosis als bei der Orig.-Wa-R (also mit der neunfachen der im Vorversuch festgestellten lösenden Dosis) — zwecks Kompensation des oft nur geringen Komplementgehaltes im menschlichen Serum — angesetzt wird. Ob überhaupt genügend Komplement im Patientenserum vorhanden ist, wird durch Ansetzung einer Kontrollprobe ohne Antigen entschieden. — Die Methoden mit Verwendung aktiven Serums sind zweifellos oft empfindlicher als die Original-Wa-R, geben aber auch oft unspezifische, d. h. nicht beweisende Ausschläge. Der negative Ausfall dieser Methoden bekräftigt das negative Ergebnis der Original-Wa-R; der positive Ausfall solcher Methoden neben einer negativen Original-Wa-R ist dagegen nur mit großer Vorsicht zu bewerten.

e) Ähnlich wird man am besten Stellung nehmen zu den (bereits in Bd. 1, S. 539f. kurz erwähnten) sogenannten unspezifischen Serumreaktionen, die auf unmittelbar sinnfälligen physikalisch-chemischen Veränderungen beim Vermischen besonderer Lipoidlösungen mit dem Patientenserum beruhen. Hierher gehören:

α) Die Sachs-Georgische Flockungsreaktion: Ein mit Cholesterin versetztes alkoholisches Rinderherzextrakt wird „fraktioniert" verdünnt, indem zuerst die gleiche Menge 1,5%iger NaCl-Lösung und nach 5—10 Minuten nochmals die vierfache Menge derselben Kochsalzlösung hinzugefügt wird; zu 0,5 ccm dieser Extraktverdünnung wird 1 ccm des mit Kochsalzlösung im Verhältnis von 1 : 5 verdünnten hitzeinaktivierten Patientenserums zugesetzt und nach 24—48stündigem Aufenthalt bei 37° das Resultat (mit Lupe oder Agglutinoskop) abgelesen.

β) Die Meinickesche Trübungsreaktion (MTR) (sogenannte dritte Modifikation): Ein besonders hergestelltes alkoholisches Pferdeherzextrakt wird rasch mit auf 37° C erwärmter 3%iger NaCl-Lösung verdünnt (im Verhältnis von etwa 1: 5) und mit 0,2 ccm des klar zentrifugierten, aktiven (nicht erhitzten) Patientenserums gemischt, gut durchgeschüttelt und bei Zimmertemperatur gehalten. Vergleich mit Kontrollprobe ohne Serum zeigt bei positivem Ausfall der Reaktion oft schon nach 1 Stunde, manchmal erst nach 24 Stunden, Trübung bzw. Flockung.

Für die epidemiologische Erforschung der Syphilis, die zweckmäßig durch den Facharzt oder doch in Gemeinschaft mit ihm erfolgt, kommen drei Übertragungsmöglichkeiten in Betracht: erstens durch den Geschlechtsverkehr, zweitens durch extragenitalen Kontakt (gemeinsames Eß- und Trinkgeschirr, gemeinsames Arbeitsgerät, z. B. beim Glasblasen), drittens als seltenste Form der Übertragung die kongenitale Infektion (auf plazentarem Wege). In Ländern mit niedrigem Kulturzustand und engem Zusammenleben der Bevölkerung kann die extragenitale Form der Übertragung ganz im Vordergrund stehen und zu Familien- und Hausstandsepidemien, ja zu einer wahren Volksseuche führen, während in Kulturländern die Infektion fast ausschließlich durch den Geschlechtsverkehr erfolgt. Der Sitz des Primäraffektes außerhalb der Geschlechtsteile schließt übrigens nicht aus, daß die Infektion doch anläßlich des Geschlechtsverkehrs zustande gekommen ist (durch Kuß, Perversitäten u. dgl.). Sehr wichtig ist für die epidemiologische Erforschung, daß Syphilis oft nicht nur absichtlich verschwiegen wird, sondern auch mit so geringen Symptomen einhergegangen sein kann, daß ihr Träger von der stattgehabten Infektion auch bona fide nichts auszusagen vermag, und vielleicht erst Späterscheinungen am Zentralnervensystem die frühere luetische Infektion nachträglich aufdecken; analoge Beobachtungen symptomloser Infektion, die aber trotzdem übertragbar ist, sind neuerdings bei der experimentellen Kaninchensyphilis gemacht worden. In solchen Fällen bewährt sich vor allem die Wa-R, ebenso für die Feststellung der Heilung der Lues, die nur dann mit Sicherheit ausgesprochen werden darf, wenn nicht nur die klinischen Symptome völlig verschwunden sind, sondern auch die Wa-R bei mehrmaliger Ausführung, auch nach Provokation, in Blut und Liquor dauernd negativ geworden ist. Sowohl nach dem Ausfall von Tierversuchen wie nach epidemiologischen Erfahrungen ist mit der Möglichkeit zu rechnen, daß gewisse Stämme des luetischen Virus neurotrope Varianten darstellen und besonders häufig zur Erzeugung von spätluetischen Erkrankungen des Nervensystems Anlaß geben. Insbesondere scheint die Ansiedlung der Sp. pallida im Zentralnervensystem begünstigt zu werden einerseits durch ungenügende Behandlung der Lues, wobei weder die natürlichen Abwehrkräfte des Organismus zur richtigen Entfaltung kommen, noch auch das Virus vollständig abgetötet wird und dann im Nervengewebe seinen Schlupfwinkel findet, — andererseits durch verminderte Widerstandsfähigkeit der nervösen Zentralorgane durch intensive Abnutzung („Aufbrauchkrankheit"). Solche Verhältnisse kommen für die Erklärung des viel umstrittenen Problems der Verschiedenheit der Häufigkeit von Tabes und Paralyse bei Natur- und Kulturvölkern, in verschiedenen Gesellschaftsschichten usw. in Betracht.

D. Pathogene Protozoen.

I. Allgemeine Methodik.

Betreffs der allgemeinen morphologischen und biologischen Charakteristik dieser einzelligen tierischen Lebewesen vgl. in Bd. 1, S. 357. Für die Zwecke der hygienischen Praxis wird der Nachweis geführt vor allem durch direkte mikroskopische Untersuchung, weil entsprechend dem (im Vergleich zu den Bakterien) sehr ausgesprochenen Formenreichtum der Protozoen das morphologische Bild meist schon zur Identifikation jeder einzelnen Art ausreicht. Für den mikroskopischen Nachweis der Protozoen eignet sich in manchen Fällen (Amöben) am besten die Beobachtung im ungefärbten lebenden Zustande. Zur Färbung und vor allem zur Fixierung der Präparate müssen hier schonendere Verfahren angewendet werden als bei den Bakterien; die für letztere übliche Fixierung des Ausstrichpräparats durch trockene Hitze ist hier unbrauchbar, weil dadurch die feineren morphologischen Einzelheiten unkenntlich gemacht wurden; man benützt vielmehr als allgemein anwendbares Verfahren die Fixierung des lufttrockenen Präparats in absolutem Alkohol (15 Minuten), seltener (z. B. für Amöben) die Fixierung durch Osmiumdämpfe (Bd. 1, S. 366). Zur Färbung dienen für Gewebsschnitte die in der Histologie gebräuchlichen Methoden, besonders die Eisen-Hämatoxylinfärbung nach R. Heidenhain (vgl. Bd. 1, S. 381f.), für Ausstrichpräparate die Mansonsche Färbung mit Boraxmethylenblaulösung (vgl. Bd. 1, S. 376) und vor allem die Chromatinfärbung nach Romanowsky, Nocht, Ziemann, insbesondere mit der heute allgemein gebräuchlichen Lösung nach Giemsa, die den großen Vorteil bietet, mit chemisch reinen wohldefinierten Stoffen zu arbeiten und deshalb sehr zuverlässige Ergebnisse und schöne Präparate liefert (vgl. Bd. 1, S. 382).

Demnächst kommt für einige Arten der Tierversuch in Betracht, während das Kulturverfahren auf künstlichem Nährboden hier wie bei den pathogenen Spirochäten an Bedeutung ganz zurücktritt, da die meisten krankheitserregenden Protozoen überhaupt noch nicht auf künstlichem Nährboden gezüchtet werden können; am ehesten kommt für manche Arten (Trypanosomen, Leishmanien) die Züchtung auf Blutagar in Betracht. Neben der Kenntnis des Erregers spielt bei allen denjenigen Protozoen, die in stechenden Insekten ihre exogene Entwicklung durchmachen — wie vorhin schon bei den entsprechenden Fällen der Spirochäten, der Rekurrens und beim Gelbfiebervirus —, die Kenntnis dieser Zwischenwirte für die Praxis eine wesentliche Rolle; diese Fragen können im Rahmen unseres Handbuchs nur ganz kurz skizziert werden, während betreffs aller Einzelheiten auf die Lehrbücher der Protozoenkunde und auf Martinis Medizinische Entomologie verwiesen werden muß.

II. Spezielles über hygienische Methoden betreffs Protozoen.

1. **Ruhramöben** (Amoeba histolytica Schaudinn), Erreger der in den Tropen und Subtropen in weiter Verbreitung herrschenden Amöbendysenterie, die gelegentlich auch in Deutschland sowohl in eingeschleppten Fällen als auch autochthon vorkommt. Die eine Zeitlang als besondere Art beschriebene Amoeba tetragena (Viereck) ist nur eine besondere Entwicklungsform der Ruhramöbe, ebenso die sogenannten Minutaformen, die, von viel geringerer Größe und ohne deutliche Differenzierung des Ektoplasmas, hauptsächlich bei chronischer Ruhr vorkommen und aus denen

die Dauerformen, die doppeltkonturierten vierkernigen Zysten hervorgehen. Die Diagnose erfolgt am besten auf Grund der mikroskopischen Besichtigung des ungefärbten Präparats aus einer Schleimflocke des Stuhls in dünner Schicht zwischen Deckglas und Objektträger; die vegetativen Formen der Ruhramöbe fallen durch ihre Größe — (größer als vielkernige Leukozyten) —, die Scheidung ihrer Leibessubstanz in körniges Entoplasma und hyalines Ektoplasma und ihre amöboide Eigenbewegung auf; an einer oder mehreren Stellen quillt das Ektoplasma plötzlich bruchsackartig hervor, wobei die Gestalt der Amöbe fortwährend wechselt und durch die ausgestreckten Pseudopodien eine aktive Fortbewegung stattfindet. Die Unterscheidung der Ruhramöbe von der harmlosen epiphytischen Entamoeba coli (Loesch), die bei manchen gesunden Menschen, auch in Europa, im Dickdarm vorkommt, erfolgt auf Grund folgender morphologischer Merkmale, durch die sie von der Ruhr-

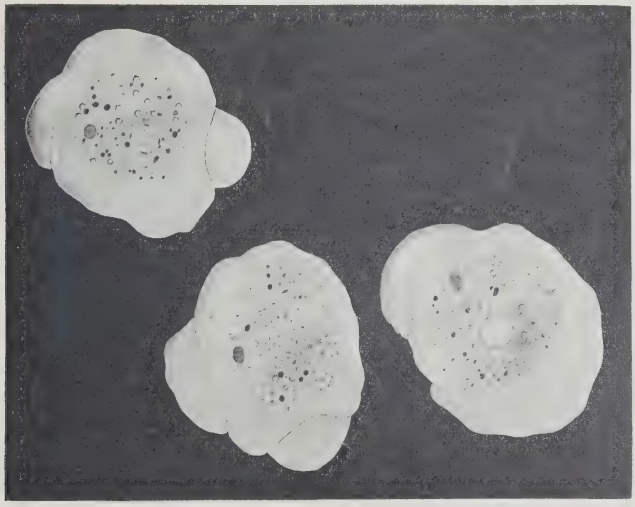


Fig. 40. Ruhramöben in Bewegung. (Nach Hartmann.) Aus v. Wasielewski, Die schmarotzenden Protozoen; in v. Gruber-Rubner-Fickers Handbuch der Hygiene, Bd. 3, Abt. 3, S. 111. Vergr. 1:1000.

amöbe abweicht: keine Differenzierung zwischen Ekto- und Entoplasma in der Ruhe, deutliche Kernmembran und achtkernige Zysten; vor allem geht der Entamoeba coli jede pathogene Wirkung ab, wie dies schon darin zum Ausdruck gelangt, daß sie — im Gegensatz zur Ruhramöbe — keine Gewebszerstörung hervorruft und keine roten Blutkörperchen phagozytiert. In Zweifelsfällen Tierversuch an Katzen durch intrarektale Injektion, während bei Verfütterung die vegetativen Formen im Magensaft zugrunde gehen. Für den natürlichen Infektionsmodus per os sind die gegen Austrocknung, Magensaft u. a. ziemlich resistenten Zysten verantwortlich. Als Ansteckungsquelle spielen neben den Kranken auch die Keimträger eine wesentliche Rolle, deren Ermittelung vor allem durch Rektoskopie gelingt. Unter den Komplikationen und Nachkrankheiten der Amöbenruhr ist in erster Linie der tropische Leberabszeß zu nennen, für dessen Erkennung neben örtlichen klinischen Erscheinungen der Nachweis einer Leukozytose sowie die Untersuchung des Punktats in Betracht kommt.

2. Darmflagellaten: Trichomonas intestinalis (eine ähnliche Form Tr. vaginalis in der Vagina) und Lamblia intestinalis. Erreger von Darmerkrankungen besonders in warmen Ländern: birnförmige, mehrgeißlige Gebilde. Balantidium coli, sehr großes, bis 100 μ langes und 70 μ breites bewimpertes Infusorium.

3. **Blutflagellaten, Trypanosomen,** viele Arten, zum Teil Erreger zahlreicher Tierkrankheiten, bei manchen Tieren (Ratten) fast symptomlos verlaufend; 3 Arten menschenpathogen:

α) **Tr. gambiense,** Erreger der afrikanischen Schlafkrankheit. Übertragung durch die Stechfliege Glossina palpalis, selten auch durch direkten Kontakt (Geschlechtsverkehr).

β) **Tr. rhodesiense,** Erreger einer anderen Form der afrikanischen Schlafkrankheit. Übertragung durch die Stechfliege Glossina morsitans.

γ) **Schizotrypanum Cruzi,** Erreger der in Brasilien heimischen Chagasschen Krankheit. Übertragung durch eine große Wanze (Conorrhinus megistus, Triatoma megista).

Sämtliche genannten Trypanosomen sind charakterisiert durch ihre längliche Form (Länge ohne Geißel 10—20 μ, Breite etwa 2 μ), ihre lebhafte, durch eine einzige Geißel vermittelte Eigenbewegung und die Beziehungen zwischen Kern- und Geißelapparat. Außer dem annähernd in der Mitte des Zelleibes gelegenen größeren Hauptkern existiert noch ein kleines chromatinhaltiges Gebilde an dem einen Pol des Zelleibes, aus dem die Geißel entspringt (daher als Blepharoplast, Geißelwurzel bezeichnet); die Geißel, bei Giemsafärbung gleichfalls in roter Farbe darstellbar, zieht dann zunächst entlang der ganzen Länge des Trypanosoma innerhalb einer undulierenden Membran, um schließlich als freie Geißel zu endigen. Die einzelnen Arten der Trypanosomen sind durch kleine Verschiedenheiten des Kern- und Geißelapparates gekennzeichnet. Bei Schizotrypanum Cruzi finden sich außer den begeißelten Blutparasiten enzystierte rundliche Formen in der Muskulatur. Künstliche Kultur der Trypanosomen gelingt auf einem Gemisch von Agar mit defibriniertem Blut zu gleichen Teilen. Vermehrung durch Längsteilung (manchmal mit Rosettenbildung) und Bildung mehrkerniger größerer plasmatischer Gebilde mit nachträglichem Zerfall, sowie auf geschlechtlichem Wege innerhalb der genannten Zwischenwirte.

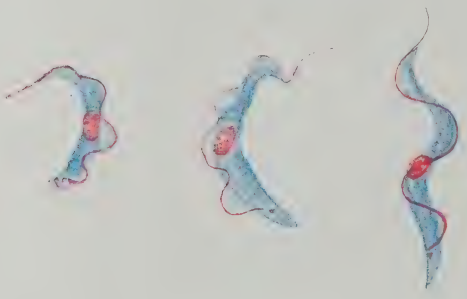


Fig. 41. Trypanosoma gambiense. Vergr. 1 : 500. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 312, Fig. 178.

Fig. 42. Glossina palpalis. Vergr. 1 : 3. Aus v. Wasielewski, a. a. O. S. 70. (Nach Sleeping Sickness Bureau.)

Zu den einzelnen genannten menschlichen Trypanosomeninfektionen ist, soweit hygienische Methodik in Betracht kommt, noch folgendes zu bemerken:

Die afrikanische Schlafkrankheit ist von sehr langsamer Entwicklung, daher auch manchmal in Europa eingeschleppte Fälle; Wochen bis Monate lang kann die Infektion fast symptomlos verlaufen; zwecks frühzeitiger — in diesem Stadium besonders für die Einleitung der Chemotherapie wichtiger — Erkennung der Krankheit ist auf das Vorhandensein von Lymphdrüsenschwellungen zu fahnden, besonders an den zervikalen Drüsen, durch deren Punktion dann schon die Erreger nachgewiesen werden können. Im späteren Verlauf der Krankheit findet sich der Erreger während der Fieberanfälle im Blut und im Endstadium (das der Krankheit ihren Namen gegeben hat), charakterisiert durch Delirien und komatöse Zustände, in der Zerebrospinalflüssigkeit. Die als Überträger der Seuche in Betracht kommenden Glossinen sind hauptsächlich durch die Haltung ihrer

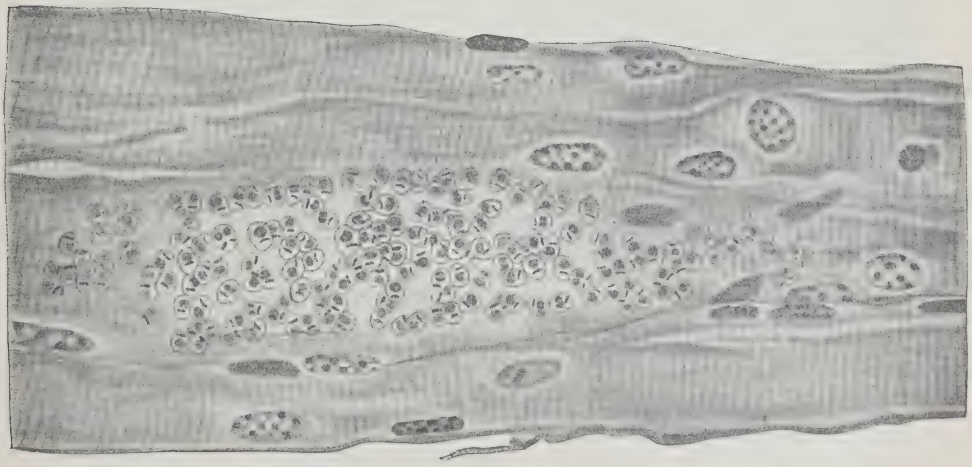


Fig. 43. Schizotrypanum Cruzi, enzystierte Formen im Muskel. Aus v. Wasielewski, a. a. O. S. 84. (Nach Vianna.) Vergr. 1:1000.

Flügel gekennzeichnet, die scherenblattartig übereinander gelegt sind. Die Glossinen stechen nur am hellen Tage und leben vorzugsweise im Unterholz an Fluß- und Seeufern; sie nähren sich außer von menschlichem auch von Krokodilblut; diese Einzelheiten sind für die Verhältnisse der Verbreitung und Bekämpfung der Seuche von Wichtigkeit.

Die Chagassche Krankheit ist neben allgemeinen fieberhaften und nervösen Erscheinungen charakterisiert durch Schilddrüsenschwellung: der Erreger ist im Blut und in der Muskulatur (vgl. oben) nachweisbar. Die als Zwischenwirt fungierende Wanze ist durch ihre Größe (etwa 3,5 cm Länge) und durch das Vorhandensein roter Flecke auf den Flügeln kenntlich; sie lebt in den Hütten der Eingeborenen und sticht nur nachts.

4. Der vorigen Gruppe nahestehend sind die **Leishmanien** (nach ihrem Entdecker Leishman benannt), in ihrer parasitischen Form als ovale (etwa 2 zu 3 μ messende) intrazelluläre Gebilde mit je zwei Chromatinkörnern auftretend, in künstlicher Kultur auf Blutagar zu länglichen eigenbeweglichen Gebilden mit zugespitzten Enden auswachsend. Hierher gehören folgende beiden menschlichen Infektionskrankheiten:

α) Orientbeule, eitrige Hautknoten mit zahlreichen Leishmanien in den Eiterzellen; relativ gutartig; Übertragung durch Kontakt und Fliegen. Erreger Leishmania tropica.

β) Tropische Splenomegalie (Kala azar), auch schon in manchen Mittelmeerländern vorkommend, gekennzeichnet durch sehr starke Milz- und Leberschwellung, Anämie und kachektische Erscheinungen, oft tödlich. Der Erreger, nach seinen beiden Entdeckern als Leishmania Donovani bezeichnet, findet sich nur selten im Blut, in großen Mengen dagegen in den Zellen der Milz und Leber. Übertragung noch nicht aufgeklärt, vielleicht durch Flöhe seitens analoger Erkrankungen bei Hunden.

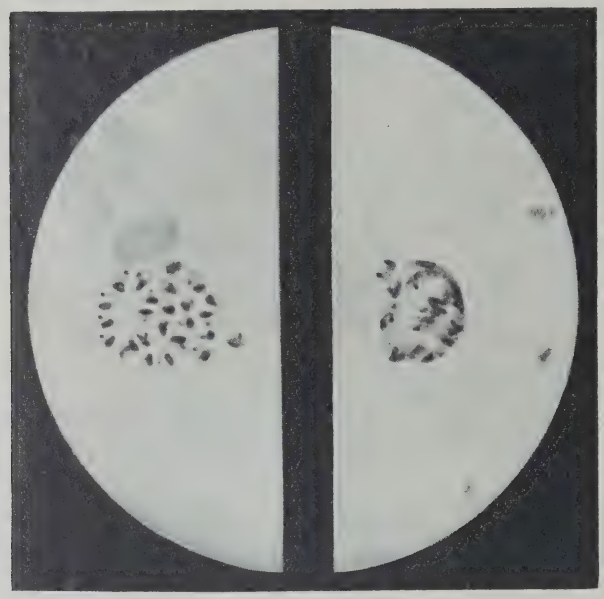


Fig. 44. Leishmania tropica im Eiterausstrich. Vergr. 1:1000. Aus v. Wasielewski, a. a. O. S. 91. (Nach Bettmann.)

5. **Malaria-Plasmodien,** Erreger der **menschlichen Malaria,** der häufigsten und für die Frage der Kolonisation der warmen Länder wichtigsten Krankheit, die aber auch in der gemäßigten Zone selbst bis in hohe Breiten weit verbreitet ist und auch in Deutschland noch in vielen Orten autochthon vorkommt. Die Malariaparasiten finden ihre Existenzbedingungen — (abgesehen von ihrer praktisch nicht in Betracht kommenden Übertragungsmöglichkeit auf anthropoide Affen) — nur einerseits im (manifest erkrankten oder latent infizierten) Menschen, andererseits in gewissen Mückenarten der Anopheles-Gruppe, die als ihre Zwischenwirte fungieren. Eine Möglichkeit der Vermehrung oder auch nur Konservierung der Malariaparasiten in anderen Tieren oder in der unbelebten Natur (Boden, Wasser) besteht nicht; ähnliche Erreger bei Tieren sind von denen der menschlichen Malaria grundverschieden (Vogelmalaria durch Proteosoma usw.), und wenn die menschliche Malaria vorwiegend in sumpfigen Gegenden endemisch ist (daher ihr früherer Name „Sumpffieber"), so nur deshalb, weil an solchen Orten die Malariamücken ihre Existenzbedingungen finden. Diese Sätze sind von grundlegender Bedeutung für die Epidemiologie und für die Prophylaxe der Malaria; die hygienische Erforschung und die Bekämpfung der Malaria hat es nur einerseits mit dem infizierten Menschen, andererseits mit den infizierten Anophelesmücken zu tun.

Die Erreger der menschlichen Malaria existieren in drei Arten, die — obzwar stammesgeschichtlich nahe verwandt — doch praktisch voneinander streng geschieden sind; ein Übergang der einen in die andere Art ist bisher mit Sicherheit niemals festgestellt worden. Diesen drei Arten der Malariaerreger entsprechen drei Formen der Malariaerkrankung:

Malaria tertiana; Erreger Plasmodium vivax;
Malaria quartana; Erreger Plasmodium malariae Laverani;
Malaria tropica; Erreger Plasmodium immaculatum.

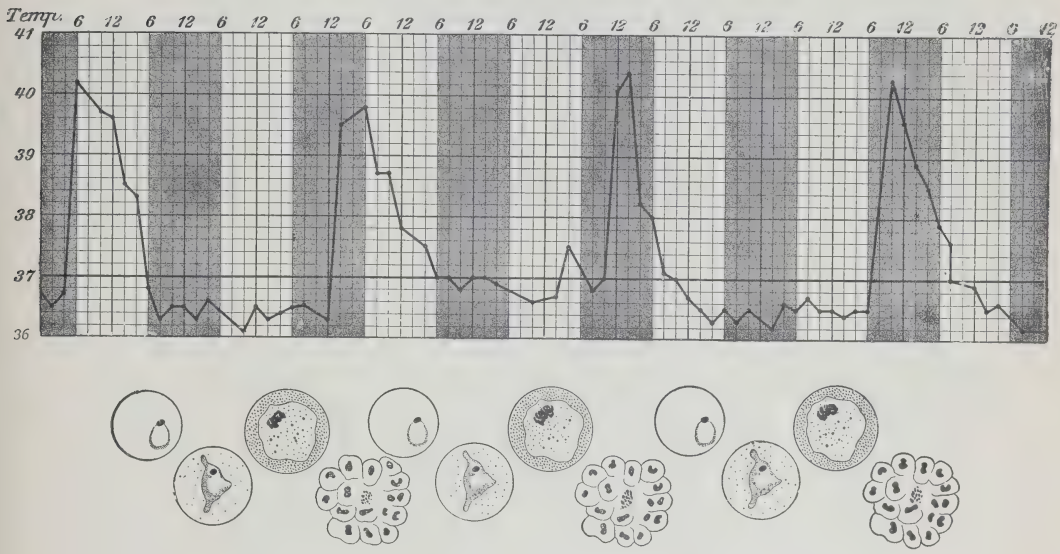


Fig. 45. Fieberverlauf und Parasiten bei Tertiana. Aus Hartmann u. Schilling, Die pathogenen Protozoen. Berlin 1917, S. 317.

Andere klinische Formen der Malaria, z. B. die quotidiana mit täglichen und die biquotidiana mit täglich zweimaligen Fieberanfällen, entsprechen nicht weiteren Arten von Malariaerregern, sondern sind dadurch verursacht, daß mehrere Stämme des Erregers mit zeitlich verschiedenem

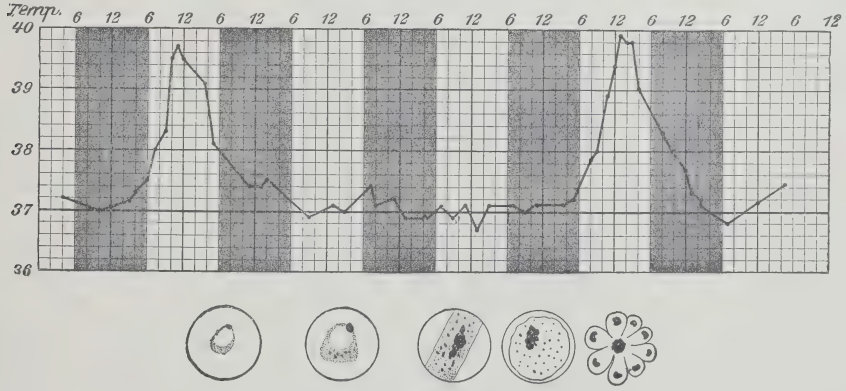
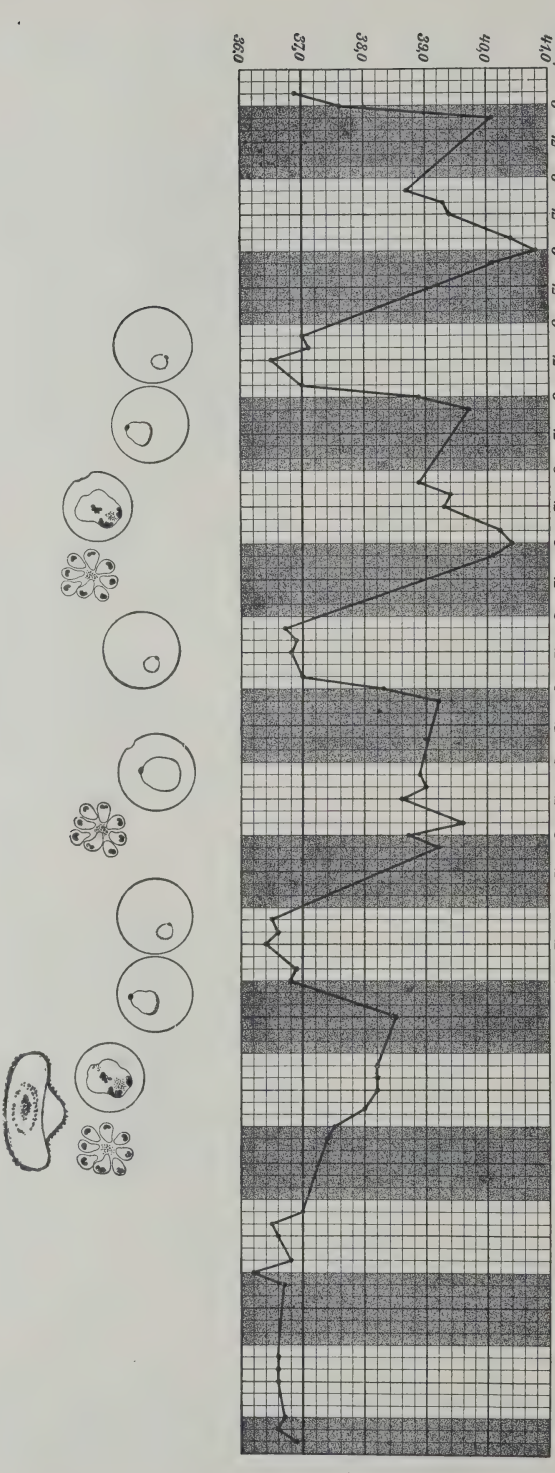


Fig. 46. Fieberverlauf und Parasiten bei Quartana. Aus Hartmann u. Schilling, a. a. O. S. 319.

Entwicklungszyklus, z. B. bei der Quotidiana zwei Tertianastämme mit 24stündigem Abstand ihrer Entwicklungsphasen zusammenwirken. Der intermittierende Verlauf der Malaria (in regelmäßigen Zeitabständen wiederkehrende Fieberanfälle mit fieberfreien Intervallen), nach dem die Krank-


Temp.
320
360
400
6 12 6 12 6 12

Fieberverlauf unregelmäßiger wird und bei Tertiana und Quartana sogenannte ante- und postponierende Fieberanfälle, bei Tropica häufig ein ganz unregelmäßiges kontinuierliches Fieber mit kürzeren oder längeren Remissionen zustande kommt. In solchen älteren Fällen wird die klinische Diagnose der Malaria schwierig oder unmöglich und ist einzig die mikroskopische Untersuchung des Blutes maßgebend; Verwechslungen der Krankheit kommen insbesondere mit septisch-pyämischen Prozessen, tropischem Leberabszeß, mit Maltafieber, atypischem Typhus, Tuberkulose, Rekurrens u. a. in Betracht. Beweisend ist natürlich nur der positive Nachweis der Malariaplasmodien, während der negative Ausfall insbesondere bei einer einzigen Untersuchung keineswegs erlaubt, Malaria mit Sicherheit auszuschließen, da in älteren und behandelten Fällen die Plasmodien im kreisenden Blut oft nur schubweise und in sehr kleiner Zahl vorhanden sind und sich meist nur in den inneren Organen (Milz, Knochenmark) aufhalten.

Bei der Blutuntersuchung auf Malaria sind stets folgende zwei Fehlerquellen sorgfältig zu vermeiden; erstens vergewissere man sich, daß der Kranke in den letzten 2—3 Tagen kein Chinin genommen hat; zweitens entnehme man das Blut zur Untersuchung etwa 6 Stunden vor dem nächsten zu erwartenden Anfall, da zu dieser Zeit die wegen ihrer Größe leicht erkennbaren, unmittelbar vor der Teilung stehenden Formen vorhanden sind, während auf der Höhe des Fiebers oft nur junge, bei Tropica sehr kleine Parasiten existieren.

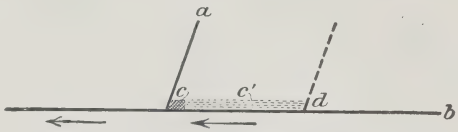


Fig. 48. Anlegung des Blutausstrichs. (Nach Ruge.)

In schwierigen Fällen ist in erster Linie als Anreicherungsverfahren die Untersuchung von dicken Tropfen-Präparaten anzuwenden, deren Anlegung (vgl. Bd. 1, S. 491) neben den Ausstrichpräparaten (vgl. ebenda, S. 490f. und obige Fig. 48) überhaupt nie zu unterlassen ist; allerdings sind die Formen der Parasiten bei diesem immerhin etwas eingreifenden Verfahren oft verzerrt und undeutlich, so daß die Unterscheidung der einzelnen Arten der Malariaerreger hier auf größere Schwierigkeiten stößt als in tadellos angelegten Ausstrichpräparaten. Man versäume nie eine sorgfältige Durchmusterung zahlreicher Gesichtsfelder, am bequemsten mit Hilfe eines beweglichen Objekttisches (Kreuztisches, vgl. Bd. 1, S. 231)!

Führt bei fortbestehendem Malariaverdacht — und bei negativem Ausfall der auf die Möglichkeit des Vorliegens anderer infektiöser Prozesse (vgl. oben) gerichteten Untersuchungsverfahren — eine wiederholte sorgfältige mikroskopische Blutuntersuchung nicht zum Ziele, so ist eine Provokation der latenten Malaria zu versuchen, z. B. durch körperliche Anstrengungen oder Röntgenbestrahlung der Milzgegend, wonach oft die Plasmodien im kreisenden Blut wieder erscheinen; für den Nachweis der in inneren Organen versteckten Erreger kommt (statt der gefährlichen Milzpunktion!) folgendes einfache Verfahren in Betracht: unter Lokalanästhesie wird nach Anlegung eines 1—2 cm langen Hautschnittes die vordere Wand des Sternums mittels eines kleinen Trepans durchbohrt und etwas Spongiosa zur mikroskopischen Untersuchung gewonnen.

Für die Diagnose der einzelnen Arten der Malariaparasiten, die sowohl prognostisch (Tertiana und Quartana viel gutartiger als Tropica) wie therapeutisch (Tertiana im Gegensatz zu Tropica auch durch Salvarsan beeinflußbar) wie endlich vom epidemiologischem Standpunkt aus Wichtigkeit hat, ist die Kenntnis des morphologischen Entwicklungszyklus der Malariaerreger unerläßlich, die daher hier wenigstens

in großen Zügen ihre Darstellung finden muß. Die Jugendform sämtlicher drei Erreger, so wie sie unmittelbar nach dem Befallenwerden der roten Blutkörperchen in Erscheinung tritt, ist die Ringform, insbesondere einem Siegelring vergleichbar, da an der einen Seite, wo der (nach Giemsa leuchtend rot gefärbte) Kern sitzt, eine Verdickung des Ringes besteht; gegenüber sitzt oft noch ein kleineres Chromatinkorn; bräunliche bis schwarze Körnchen im Plasma sind Reste von Blutfarbstoff. Der Ring wächst, je nach den verschiedenen Arten der Malariaerreger, bis zu einer bestimmten Größe heran (vgl. unten) und verwandelt sich dann zu einer rundlichen oder unregelmäßigen Scheibe (Plasmodium), die bei Untersuchung im lebenden Zustand amöboide Bewegung zeigt (Vorsicht vor Verwechslung mit scheinbaren Bewegungen, die besonders auf dem geheizten Objekttisch in sehr trügerischer Form auftreten können!); das Plasmodium schickt sich dann zur Teilung an, die früher als Sporogonie bezeichnet wurde (unzweckmäßiger Name, da keinerlei Analogie mit der Sporenbildung bei Bakterien, Schimmel- und Sproßpilzen besteht und den Teilstücken insbesondere jede erhöhte Widerstandsfähigkeit fehlt); die Teilungsformen werden daher besser als Merozoiten oder Schizonten, der Teilungsprozeß als Schizogonie bezeichnet. Die beginnende Teilung zeigt eine Segmentierung des Plasmodiums in eine je nach den verschiedenen Arten der Malariaplasmodien verschieden große und verschieden angeordnete Menge fast rundlicher Gebilde (vgl. unten) je mit einem Chromatinkorn; die Teilungsform zerfällt dann in freie Schizonten, die ihrerseits neue rote Blutkörperchen befallen (Beginn des neuen Fieberanfalles vgl. oben S. 608) und sich dort zur Ringform umwandeln, womit der vegetative Zyklus der Entwicklung des Malariaparasiten im menschlichen Blut geschlossen ist und sich beliebig oft (bis zur natürlichen oder künstlichen Heilung) erneuern kann. Außerdem finden sich im menschlichen Blut aber auch schon die Anfangsstadien der geschlechtlichen Entwicklung, die sogenannten Gameten, und zwar in zweierlei, den männlichen und weiblichen Formen. Einige der vegetativen Formen der Malariaerreger im Plasmodiumstadium schicken sich nicht zur Teilung an, sondern verbleiben zunächst intrazellulär, dann außerhalb der roten Blutkörperchen, bei Tertiana und Quartana in rundlicher Form bzw. verwandeln sich bei Tropica in die charakteristische Halbmondform und lassen je nach ihrer geschlechtlichen Differenzierung eine verschiedene Anordnung des Chromatins erkennen; bei den ♂ Formen (Mikrogametozyten) in Gestalt größerer Brocken, bei den ♀ Formen (Makrogameten) in feiner Verteilung. Die weitere Entwicklung dieser Geschlechtsformen geht nicht mehr im menschlichen Blute, sondern in der Anophelesmücke vor sich, die gametenhaltiges Blut gesogen hat. Aus den Mikrogametozyten gehen die Mikrogameten hervor (auch im hängenden Tropfen

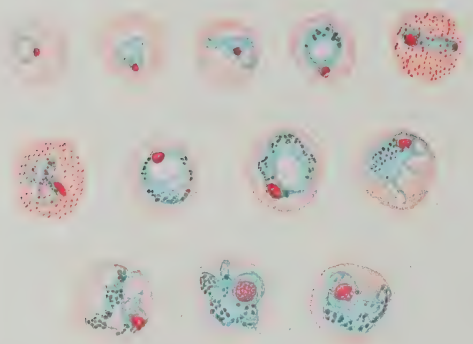


Fig. 49. Malaria tertiana. Ringformen. Färbung nach Giemsa. Vergr. 1 : 500. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 318.

zu beobachten), indem Geißelformen ausschwärmen, die, den Spermatozoen höherer Lebewesen vergleichbar, aus einem Chromatinteil und einer Geißel bestehen; diese Geißelformen kopulieren im Mückenmagen mit den ♀ Gameten, woraus die befruchtete Eizelle, der sogenannte Ookinet, in würmchenförmiger Gestalt entsteht, sich in die Wand des Mückenmagens einbohrt und daselbst zur Oozyste heranwächst, die bereits bei schwacher Vergrößerung erkennbar ist; in ihr entwickeln sich Tochterzysten und in diesen Sichelkeime (Sporozoiten), die in die Speicheldrüsen der Mücke und von hier aus beim Stich ins menschliche Blut gelangen, wo sie im befallenen Blutkörperchen ringförmige Gestalt annehmen, um nunmehr den oben beschriebenen vegetativen Entwicklungszyklus wieder zu beginnen.

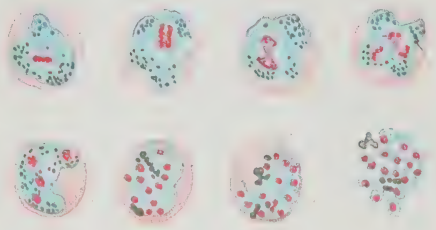


Fig. 50. Malaria tertiana. Teilungsformen. Färbung nach Giemsa. Vergr. 1 : 500. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 319.

Die drei verschiedenen Arten der Malariaerreger lassen sich durch folgende charakteristischen Merkmale unterscheiden:

Der Tertianaparasit wächst bis zu einer Größe heran, die diejenige eines normalen roten Blutkörperchens erheblich übertrifft; der Erythrozyt zeigt bei Giemsafärbung grobkörnige rote Granula, die sogenannte Schüffnersche Tüpfelung, die nicht etwa dem Malariaparasiten angehört, sondern außerhalb desselben liegt und offenbar eine abnorme Veränderung des roten Blutkörperchens unter dem Einfluß der Parasiten darstellt. Bei der Schizogonie entstehen 12—24 Teilstücke, in Gestalt einer Maulbeere (Morula) angeordnet.

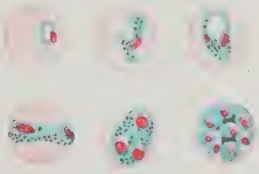


Fig. 51. Malaria quartana. Ring-, Band- und Teilungsformen. Färbung nach Giemsa. Vergr. 1 : 500. Nach Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 321.

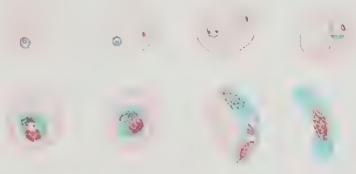


Fig. 52. Malaria tropica. Ringformen und Halbmonde. Färbung nach Giemsa. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 321.

Der Quartanaparasit geht in seiner Größe nie über die eines normalen Erythrozyten hinaus und zeigt oft bandartige Anordnung; Schüffner-Tüpfelung fehlt; bei der Schizogonie entstehen 8—12 Schizonten, oft in zierlicher rosetten- oder gänseblümchenförmiger Anordnung.

Der Tropicaparasit bildet viel kleinere Ringe als die beiden vorigen; die Jugendformen messen etwa nur $^1/_{10}$—$^1/_5$, die ausgewachsenen Formen höchstens $^1/_4$—$^1/_3$ des Durchmessers eines normalen Erythrozyten. Die roten Blutkörperchen sind nie vergrößert und zeigen keine Schüffner-Tüpfelung, sondern statt deren manchmal die blasseren un-

regelmäßigen Maurerschen Flecken. Schizogonie wird im kreisenden Blut nur ausnahmsweise beobachtet (6—12 Schizonten) und findet sich fast nur in den inneren Organen (Milz, Gehirnkapillaren). Die Gameten zeigen Halbmondformen.

Wie ersichtlich kann unter Umständen schon aus der Gestalt eines einzigen Parasiten die Art des in Betracht kommenden Erregers diagnostiziert werden (Halbmonde, große Tertiana-Formen), aber nicht immer; z. B. kann ein erwachsener Tropicaring von einem kleinen oder mittelgroßen Tertiana- oder Quartanaring nicht sicher unterschieden werden; dann ist die Diagnose erst aus dem Vergleich verschiedener Formen zu stellen. Manchmal ist ein und dasselbe Blutkörperchen mehrfach infiziert, so insbesondere von mehreren kleinen Tropica-Ringen; außerdem kommen Mischinfektionen einerseits mit verschiedenen Stämmen des gleichen Erregers, z. B. gleichzeitig kleine mit großen Ringen und Teilungsformen (vgl. oben betr. Quotidiana), andererseits mit verschiedenen Malariaerregern, z. B. gleichzeitig mit Tertiana und Tropica, vor. Bei negativem Parasitenbefund können gewisse Veränderungen des Blutbildes, insbesondere Vermehrung der Zahl der großen Monozyten, monochromatische (nach Giemsa violett, nach Manson tiefblau gefärbte) Erythrozyten und solche mit feiner punktförmiger schwarzer Körnung den Verdacht auf Malaria erwecken. Man hüte sich insbesondere vor Verwechslung der Malariaparasiten mit den größeren Formen der Blutplättchen, die — wenn auf den Erythrozyten liegend — endoglobuläre Parasitenformen vortäuschen können, auch rote Chromatinkörner in blauem Plasma aufweisen, sich aber bei einiger Übung durch ihre unregelmäßigere Form und ihren meist gezackten Rand von den Malariaparasiten unterscheiden lassen. So viel über die Untersuchung des einzelnen menschlichen Malariafalles.

Was die Erforschung der Malaria als Epidemie anlangt, so handelt es sich um Fragen der Verteilung der Erkrankungen nach Jahreszeiten und Lebensalter, sowie um die Rolle der als Zwischenträger fungierenden Anophelesmücken. In ersterer Beziehung ist zu unterscheiden zwischen der während des ganzen Jahres epidemisch bzw. endemisch auftretenden Malaria und dem auf gewisse Jahreszeiten beschränkten Vorkommen (Saisonmalaria); das richtet sich danach, ob während sämtlicher Monate oder nur während der wärmeren Jahreszeit die Temperatur dauernd (auch nachts) genügend hoch ist, um die Entwicklung des Parasiten in der Mücke zu ermöglichen. Tertiana (sowie Quartana) einerseits, Tropica andererseits zeigen in dieser Beziehung verschiedene Abhängigkeit von der Jahreszeit, indem die ersteren beiden Formen schon in einer früheren Jahreszeit sich entwickeln als die selbst in der wärmeren gemäßigten Zone auf den heißen Sommer beschränkte Tropica; vgl. die beiden Kurven in Bd. 1, S. 53. Z. T. liegt die jahreszeitliche Periodizität auch darin begründet, daß Rezidive ungenügend ausgeheilter Malaria im Frühjahr und Sommer infolge Provokation durch Lichtwirkung auftreten. Die Erhaltung des Virus in der epidemiefreien Jahreszeit erfolgt teils im latent infizierten Menschen, teils in überwinternden Mücken, die sich insbesondere in Kellern in großen Mengen finden.

Was die Verteilung der Malaria nach Lebensaltern betrifft, so tritt sie in endemischen Herden oft als typische Kinderkrankheit (ähnlich etwa wie bei uns die Masern) auf, während die ortseingesessene erwachsene Bevölkerung malariafrei zu sein scheint, im Gegensatz zu den Zugewanderten, die ohne besondere Prophylaxe rasch von der Infektion befallen werden. Diese Verteilung der Malaria kann in gemischtrassigen Ländern, z. B. in den Kolonien, eine verschiedene Rassendisposition vortäuschen. Die epidemiologische Erforschung hat sich in solchen Fällen auf systematische Durchuntersuchung der Angehörigen der ersten Lebensjahre zu erstrecken, die in sehr einfacher Weise auf Milzvergrößerung und Parasitenbefund im Blut fahndet; der

Prozentsatz der positiven Befunde, der sogenannte Milzindex und Parasitenindex beträgt in manchen tropischen Ländern, in denen die er-

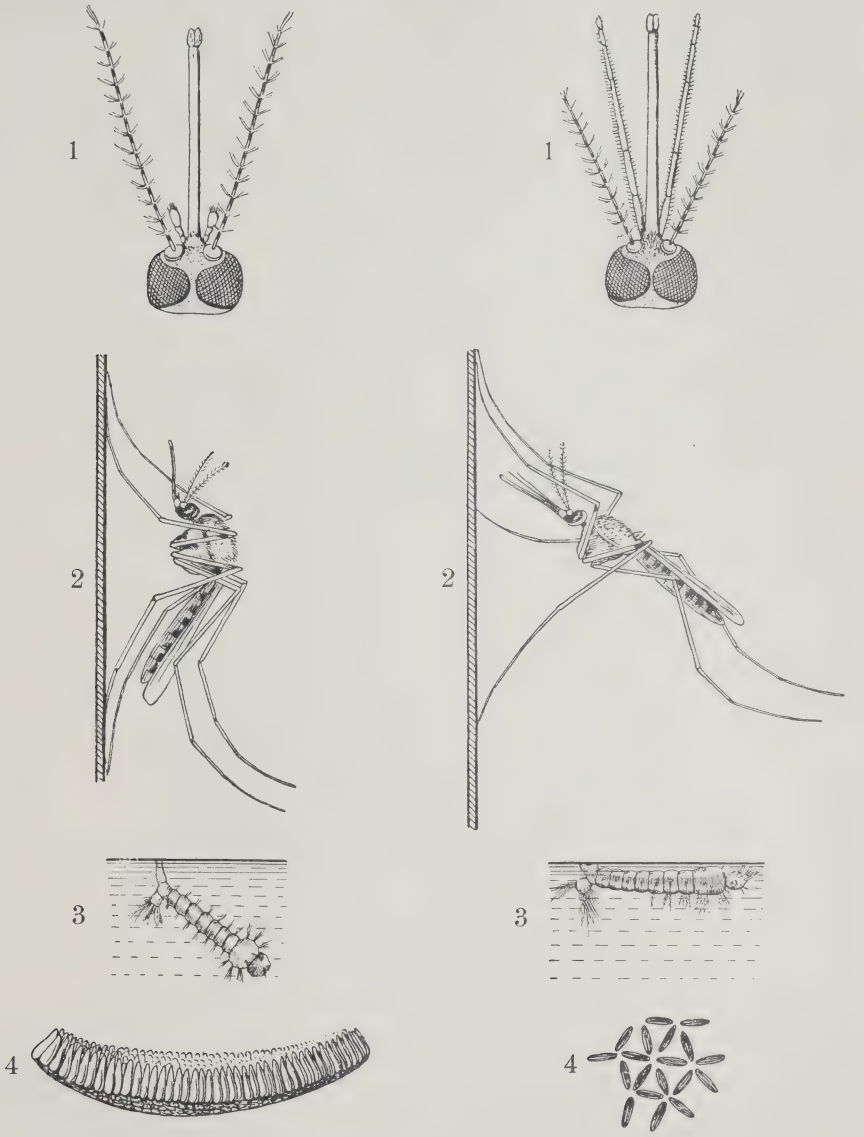


Fig. 53. Unterschiede zwischen Culex- und Anopheles-Mücken. Aus Hartmann u. Schilling, a. a. O. S. 303.

Links Culex, rechts Anopheles. 1 Stechapparat, 2 sitzende Stellung der Mücke, 3 Stellung der Larve zur Wasseroberfläche, 4 Lage der Eier auf der Wasseroberfläche.

wachsenen Eingeborenen infolge der im Kindesalter erworbenen Durchseuchung von der Malaria verschont zu sein scheinen, bis zu 80%.

Die für die Epidemiologie wichtigen Eigenschaften des Zwischenwirtes, der Anophelesmücke, sind die folgenden. Es handelt sich um

eine natürliche Gruppe verschiedener Arten von Anopheles, betreffs deren Unterscheidung auf die medizinisch-entomologische Literatur, besonders auf E. Martini, Medizin. Entomologie (G. Fischer, Jena) verwiesen sein muß. Die verschiedenen Anophelinen können selbst am gleichen Orte für die Übertragung der Malaria eine sehr ungleiche Rolle spielen; welche Arten in einem Malariaherd in erster Linie als Überträger in Betracht kommen, ist wichtig festzustellen, da sich gegen diese Arten die Bekämpfungsmaßnahmen in erster Linie richten müssen und auf eine kostspielige generelle Bekämpfung der Anophelinen unter Umständen verzichtet werden kann („Speziesassanierung" nach niederländisch-indischem Muster). So bestehen z. B. charakteristische Unterschiede in der Auswahl der Brutplätze; so zeigen manche sogenannte zoophile Spezies eine besondere Vorliebe für die Nähe der Haustiere und finden sich hauptsächlich in Ställen u. dgl. Die Feststellung, welche Anophelinen an einer Örtlichkeit als Überträger fungieren, kann entweder durch epidemiologische Beobachtungen oder durch direkte mikroskopische Untersuchung der Mücken erfolgen; unter dem Präpariermikroskop (vgl. Bd. 1, S. 235) werden Magen und Speicheldrüsen der Mücke herauspräpariert und auf Zysten bzw. bei starker Vergrößerung auf Sichelkeime (vgl. oben S. 611) untersucht.

Von großer praktischer Wichtigkeit ist die Unterscheidung der Anopheles- von den gewöhnlichen Culexmücken, da letztere niemals die Malaria übertragen und ein endemisches Vorkommen der Malaria an die Existenz der Anophelinen gebunden ist. Das Einfangen der Mücken zwecks Untersuchung erfolgt entweder mit dem Netz oder bei der sitzenden Mücke mittels folgenden Kunstgriffs nach R. Koch: ein weites Reagenzglas, das man mit etwas Alkohol ausgeschwenkt hat, wird über die sitzende Mücke gestülpt, die sofort auffliegt und an der benetzten Wand des Glases hängen bleibt, worauf man sie mit Alkohol in ein mitgeführtes Vorratsfläschchen spült. Schon äußerlich kann man die an der Wand sitzende Anophelesmücke meist von Culex unterscheiden, indem erstere den ganzen Körper gerade gestreckt im schiefen Winkel von der Wand abstehend hält, während bei Culex Thorax und Hinterleib gegeneinander gekrümmt und letzterer der Wand parallel gehalten wird. Das sicherste Unterscheidungsmerkmal liefert der Stechapparat, schon bei Lupenvergrößerung deutlich erkennbar, wobei, da nur die ♀ Blut saugen, nur ihre Merkmale angegeben seien; ♀ und ♂ sind durch ihre Fühler (Antennen) unterschieden, die beim ♂ fein gefiedert, beim ♀ borstig sind; die Taster (Palpen) sind bei Culex kurz, bei Anopheles ebenso lang wie der Stechrüssel (vgl. Fig. 53, S. 613).

Die Brutplätze der Mücken sind kenntlich durch die an der Wasseroberfläche abgelegten Eier (bei Anopheles in lockeren, bei Culex in dichten Verbänden) und die daraus ausgeschlüpften Larven (bei Anopheles parallel zur Wasseroberfläche gelagert, bei Culex herunterhängend). Als Brutplätze kommt in erster Linie stagnierendes oder langsam fließendes Wasser in Betracht (bei einigen Spezies auch Brackwasser), und zwar nicht nur natürliche Gewässer (Tümpel, Teiche, unregelmäßig gestaltete Ufer von Wasserläufen), sondern auch künstliche Wasserbehälter (Bewässerungsanlagen, Zisternen, Brunnen), selbst — was häufig übersehen wird — kleine Wasseransammlungen, wie stagnierendes Wasser in Booten, Wasserreste in leeren Konservenbüchsen, Blumenvasen u. dgl.

6. Zu den Protozoen gehörig oder doch ihnen sehr nahestehend sind die (nach dem amerikanischen, an Fleckfieber verstorbenen Forscher Ricketts benannten) Rickettsien, kleinste, in Läusen schmarotzende, bazillen-, diplokokken- oder hantelförmige Mikroben, die höchst wahrscheinlich als Erreger des wolhynischen (oder Fünftage-) Fiebers (Werner und His), sowie vor allem des **Fleckfiebers** (Flecktyphus, Typhus exanthematicus) zu gelten haben, letzterer (nach dem gleichfalls dieser Seuche zum Opfer gefallenen deutschen Forscher v. Prowazek) als Rickettsia Prowazeki benannt. Von verwandten harmlosen Epiphyten, die sich in der Schaflaus finden, sind die genannten pathogenen Rickettsien dadurch unterschieden, daß sie nicht nur wie diese Epiphyten im Darmlumen der Laus, sondern im Inneren der Darmepithelien sich finden, wo sie sich so ungeheuer vermehren, daß diese (normalerweise glatten) Zellen ballonartig aufgebläht

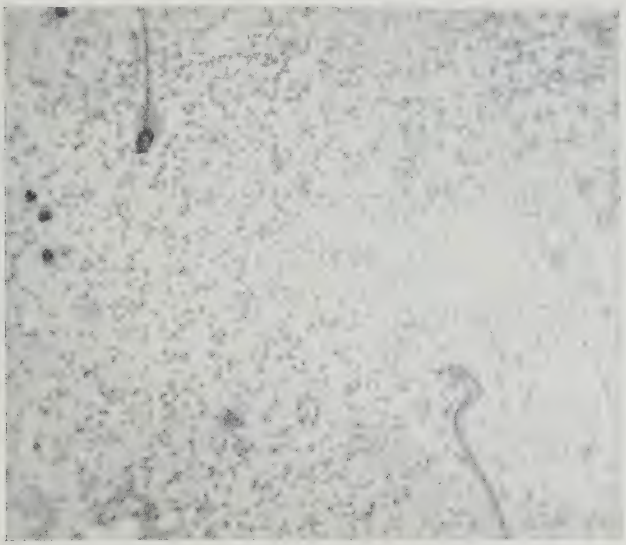


Fig. 54. Rickettsia Prowazeki. Ausstrich aus infizierter Kleiderlaus. Vergr. 1 : 1000. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 343. (Nach Rocha-Lima.)

werden und schließlich platzen, um diese Zellschmarotzer ins Darmlumen zu entleeren, von wo sie durch den Stechapparat in das Blut des von infizierten Kleiderläusen (Pediculus vestimenti) befallenen Menschen gelangen und auf ihn das Fleckfieber übertragen. Die Rolle der Kleiderlaus als Überträger — und zwar als einziger Überträger — des Fleckfiebers, während der früher angenommene Kontakt mit den Exkreten des Kranken nachweislich keine Rolle spielt, ist übrigens — ganz unabhängig von der seitens mancher Forscher noch umstrittenen Rolle der Rickettsien — sowohl durch die experimentellen Forschungen von Nicolle an Affen, wie auch durch unzählige epidemiologische Erfahrungen, insbesondere während des Weltkrieges — unzweifelhaft sichergestellt.

Der Nachweis der Rickettsia Prowazeki, der im Blut und in den Geweben des Erkrankten noch nicht mit Sicherheit erbracht ist und in der durch Saugen von Fleckfieberblut infizierten Kleiderlaus nach einer für

die Vermehrung des Erregers im Zwischenwirt erforderlichen Zeit von 4—5 Tagen gelingt, spielt für die praktische Diagnostik noch keine Rolle. Für letztere kommen in Betracht:

a) Die histologische Untersuchung von exzidierten Stückchen von Fleckfieberpetechien, die nach E. Fränkel charakteristische Veränderungen an den kleinsten Arterien im Sinne einer Aufquellung des Endothels, bis zum völligen Verschluß des Gefäßes, und einer perivaskulären kleinzelligen Infiltration erkennen läßt; im Gegensatz hierzu stellt bekanntlich die Typhus-Roseola einen kleinen embolischen Herd von Typhusbazillen dar (vgl. oben S. 541).

b) Für die praktische Diagnose wegen ihrer leichten Ausführbarkeit und ihres fast in 100% der Fälle positiven Ausfalles in erster Linie in Betracht kommend: die (nach Art der Gruber-Widalschen Reaktion, vgl. Bd. 1, S. 531 f. ausgeführte) Prüfung der agglutinierenden Fähigkeit des Patientenserums gegenüber dem (seinerzeit aus Urin eines Fleckfieberkranken gezüchteten) Stamm von Bac. proteus X_{19} (nach ihren Entdeckern als Weil-Felixsche Reaktion bezeichnet). Die Probe, die ganz nach Art der Gruber-Widalschen Reaktion bei Typhus angestellt wird, ist bei einem Ausfall bei einer Serumverdünnung von 1:200 beweisend, bei Verdünnungen von 1:50—100 verdächtig für Fleckfieber; der positive Ausfall findet sich häufig schon am 5. Krankheitstage, meist erst vom 7. bis 9. Tage ab; das Fieber steigt bis zur Entfieberung und ist auch nach Überstehen der Krankheit noch monatelang in verminderter Höhe nachweisbar. Der Stamm X_{19} ist zur Erhaltung seiner Agglutinierbarkeit nur auf neutralem Fleischwasseragar fortzuzüchten und durch Kontrollprüfung mit Serum eines einwandfreien Fleckfieberkranken oder mit künstlichem X_{19}-Immunserum zu sichern; Zusätze von Desinfizientien zur Kulturemulsion sind zu unterlassen. Die theoretische Erklärung der Weil-Felixschen Reaktion ist strittig und hat wahrscheinlich im Sinne einer Paragglutination zu erfolgen (vgl. Bd. 1, S. 524); die seitens mancher Autoren gemachte Annahme, daß es sich bei dem Proteus X_{19} um den Erreger des Fleckfiebers (oder um eine Kulturform dieses Erregers) handle, ist schon wegen ihres absoluten Widerspruchs mit den epidemiologischen Tatsachen (Nichtübertragbarkeit des Fleckfiebers durch die Exkrete des Kranken) hinfällig. Unbeschadet ihrer theoretischen Unklarheit hat die Weil-Felixsche Reaktion ihre unbestrittene große praktische Bedeutung.

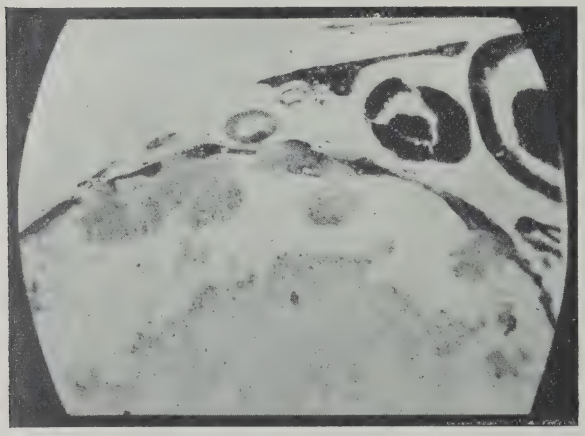


Fig. 55. Rickettsia Prowazeki im Schnittpräparat aus Darm einer infizierten Kleiderlaus. Vergr. 1: 1000. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 344. (Nach Rocha-Lima.)

Letztere ist um so höher einzuschätzen, als die klinische Diagnose des Fleckfiebers oft auf große Schwierigkeiten stößt; schwere Fälle können mit Abdominaltyphus und anderen hämorrhagischen Infektionen u. dgl. verwechselt werden, leichte Fälle besonders mit Grippe. Das Exanthem (das der Krankheit den Namen gegeben hat) kann in leichten Fällen völlig fehlen oder doch nur in vereinzelten Flecken auftreten, die auf der verwahrlosten Haut verlauster Individuen nur sehr schwer eindeutig nachweisbar sind. Die Hauptsache ist, bei Fällen unklaren Fiebers, insbesondere bei Personen, die aus Fleckfiebergegenden (für Deutschland kommt insbesondere der Osten und Südosten Europas in Betracht) zugezogen sind, an die Möglichkeit von Fleckfieber überhaupt zu denken! Die Ermittelung der Ansteckungsquelle macht oft Schwierigkeiten wegen der langen (14—24 Tage betragenden) Inkubationszeit der Krankheit und wegen der Möglichkeit der Verschleppung durch verlauste Kleidungsstücke, in denen sich die infizierten Läuse (samt ihren Eiern, den sogenannten Nissen) besonders bei niedriger Temperatur lange Zeit lebend erhalten können.

a b c d

Fig. 56. Entwicklung der Kleiderlaus (Pediculus vestimenti) nach B. Heymann (Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh., Bd. 80, Taf. VI). a Ei der Kleiderlaus (unten), Ei der Kopflaus (oben), Vergr. 1 : 15; b Kleiderlaus-Ei kurz vor dem Ausschlüpfen, Vergr. 1 : 25; c junge Larve, Vergr. 1 :15; d geschlechtsreifes ♀, Vergr. 1 : 15.

Der Nachweis der stattgehabten Infektion durch Läuse ist oft schwierig zu erbringen, da schon ein einziger Läusebiß genügt, um das Fleckfieber zu übertragen und vereinzelte Läuse, besonders die mit bloßem Auge schwierig wahrnehmbaren jungen Larven, leicht der Beobachtung entgehen.

E. Submikroskopische Krankheitserreger.

Betreffs Begriffsbestimmung, Namengebung und allgemeiner Methoden des Nachweises vgl. in Bd. 1, S. 357 u. S. 386ff. Für die praktische Diagnostik kommt entweder der Tierversuch oder immunbiologische Nachweis oder die mikroskopische Untersuchung auf gewisse charakteristische Zellveränderungen (Einschlußkörperchen) in Betracht, die wegen ihrer Größe zwar nicht mit dem Erreger identisch sein können oder mindestens nur eine Form des (sonst viel kleineren) Erregers, oder auch nur ein Reaktionsprodukt der Wirtszelle auf den submikroskopischen Eindringling darstellen, praktisch aber für die betreffende Infektion pathognomonische Bedeutung haben. Im folgenden seien kurz einige hierher gehörige Infektionskrankheiten besprochen, bei denen die mikro-

biologische Diagnose oder die epidemiologische Erforschung praktisch brauchbare Ergebnisse liefert.

1. Variola (Blattern, Pocken).

Da leichte Fälle von Variola mit Varizellen (Windpocken) in ihrer klinischen Erscheinung verwechselt werden können, ist im Zweifelsfall der mikrobiologische Nachweis heranzuziehen, der durch folgende Methoden erbracht werden kann. Das Vakzinevirus, das ja nichts anderes als ein durch Tierpassage dauernd abgeschwächtes Variolavirus darstellt, verhält sich dabei ganz wie Variolavirus.

1. Die Verimpfung auf die Kaninchenkornea: makroskopischer Nachweis nach Paul-Gins, mikroskopischer Nachweis der Guarnierischen Körperchen. Das verdächtige Material, gewonnen durch Anstich der Hautpusteln, kann auf einem Objektträger in möglichst dicker Schicht eingetrocknet an das nächste Untersuchungsamt eingesandt werden, da das Virus längere Zeit haltbar und insbesondere gegenüber Austrocknung widerstandsfähig ist. Zum Tierversuch wird das Material, entweder frisch oder, wie soeben beschrieben, eingetrocknet, in einem Tropfen 50%igen Glyzerin aufgeschwemmt und mit einer Öse auf der vorher durch 10%ige Kokainlösung anästhesierten und skarifizierten Kaninchenkornea verrieben. Die Skarifikation muß, um spezifische traumatische Reaktionen zu vermeiden, in möglichst schonender Weise, am besten mit einer besonders feinen, ausschließlich für diesen Zweck gebrauchten Stahlnadel erfolgen, mit der man kreuz und quer zarte, ganz oberflächliche Risse in Form eines Gitterwerks anlegt. Die auf diese Weise gesetzte leichte mechanische Verletzung der Kornea heilt ohne spezifische Infektion sehr rasch, schon binnen weniger Stunden, spurlos ab; eine Infektion mit hochvirulenten Eitererregern würde zur diffusen Trübung der Kornea und zur Panophthalmie führen. Nach Verimpfung von Variola- (oder Vakzinevirus) zeigt die Betrachtung der Kornea mit bloßem Auge oder mit der Lupe, am besten von der Seite her, schon nach etwa 36 Stunden kleine bläschenartige Erhebungen, besonders an den Kreuzungsstellen der Kratzeffekte; nach 2—3 Tagen sind diese Herde größer und können insbesondere deutlich sichtbar gemacht werden, wenn man von dem (nach Tötung des Tieres durch Nackenschlag) enukleierten Augapfel die Kornea mit einem scharfen Messer abtrennt und in Alkohol mit Gehalt von 5% Sublimat einlegt; nach einigen Minuten erscheinen die Herde als kreideweise Flecken auf dem klaren oder diffus schwach getrübten Grunde der Kornea. In Schnittpräparaten aus der in Alkohol gehärteten und in Paraffin eingelegten (vgl. Bd. 1, S. 372f.) Kornea sind die Guarnierischen Körperchen als Einschlüsse in den Epithelzellen von 1—3 μ Durchmesser, neben dem Zellkern liegend, besonders schön durch Heidenhains Eisenhämatoxylinfärbung (vgl. Bd. 1, S. 381f.) nachzuweisen.

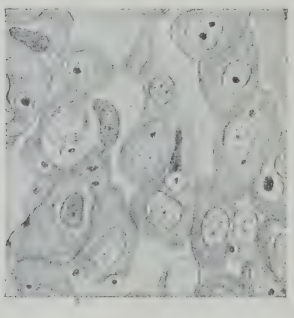


Fig. 57. Guarnieri-Körperchen im Schnitt der Kaninchenkornea. Vergr. 1 : 1000. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 333.

2. Der Nachweis mittels der spezifischen Überempfindlichkeitsreaktion nach Tièche wird in der Weise erbracht, daß verdächtiger

Pustelinhalt durch leichte Skarifikation der Haut, ähnlich der v. Pirquetschen Tuberkulinprobe (vgl. oben S. 581) auf eine gut geimpfte und notorisch gegenüber Variola- und Vakzinevirus mit deutlicher entzündlicher Überempfindlichkeitsreaktion ansprechende Versuchsperson verimpft wird; stammt das verdächtig eMaterial aus Variola- (oder Vakzine-)Pusteln, so bildet sich innerhalb einiger Stunden um die skarifizierten Hautstellen ein entzündlicher Hof aus, während anderes Material diese Reaktion vermissen läßt. Um Übertragung von Lues und anderen Infektionen zu vermeiden, ist das zu verimpfende Material vorher 1 Stunde bei 55° zu erhitzen, wodurch die spezifische Wirkung des Variolavirus nicht beeinträchtigt wird.

In epidemiologischer Beziehung verdienen folgende Punkte besondere Erwähnung. Wegen der langen Inkubationszeit der Variola bestehen hier wie beim Fleckfieber (vgl. oben S. 617) große Schwierigkeiten betreffs Ermittelung der Ansteckungsquelle und des Transportweges der Infektion; die Schwierigkeiten sind hier sogar noch größer, weil das Variolavirus eine sehr bedeutende Widerstandsfähigkeit zeigt und insbesondere in angetrocknetem Zustand lange haltbar ist, die Möglichkeit der indirekten Infektion also sehr ausgedehnt wird. Auch hier ist wichtig, insbesondere bei verdächtigen Fällen, die aus dem Ausland stammen, rechtzeitig an die Möglichkeit des Vorliegens von Blattern zu denken, um eine folgenschwere Verbreitung der Infektion, die in unkontrollierbarer Weise von unerkannten Fällen aus stattfinden könnte, zu vermeiden. Leichte und atypische Fälle von Variola, die schon früher vereinzelt insbesondere bei geimpften Personen unter dem Namen Variolois bekannt waren, treten neuerdings auch in epidemischer Form auf, z. B. bei der Pockenepidemie der letzten Jahre in der Schweiz, wo unter Tausenden von Erkrankungen nur ganz vereinzelte Todesfälle sich ereigneten. Man muß in solchen Fällen wohl annehmen, daß der Erreger — vielleicht infolge wiederholter Passage durch Personen, die dank der Schutzpockenimpfung gegen Pocken unempfänglich sind — eine Verminderung seiner Virulenz erfahren hat. Man wird sich aber, selbst bei gruppenweisem Auftreten solcher leichter Pockenfälle, nicht mit Sicherheit auf das Vorhandensein eines dauerhaft mitigierten Virus verlassen können, da aus manchen solchen Gruppenerkrankungen Erfahrungen über plötzlichen Rückschlag des Virus zu schwerer krankmachender Wirkung vorliegen. Solche dauerhaft mitigierte Varianten des Variolavirus liegen offenbar bei einigen im Ausland vorkommenden Abarten der Pocken (Alastrim u. a.) vor, die auch immunbiologisch nicht mehr so enge Beziehungen zur Schutzpockenimpfung aufweisen, wie die echten Blattern. —

Für die natürliche Übertragung der Blattern kommt in erster Linie die Tröpfcheninfektion seitens der oberen Atmungswege des Erkrankten in Betracht, wo das Virus offenbar seine häufigste Eintrittspforte und Frühlokalisation findet; daß die Infektion von Hautverletzungen aus, wie schon von der früher geübten Variolation her bekannt, meist viel milder verläuft, hat seinen Grund darin, daß in dem straffen Bindegewebe der Cutis der Krankheitsprozeß viel langsamer seinen Fortgang nimmt als in den Schleimhäuten der Atmungswege und demgemäß unterdessen die spezifischen Abwehrmaßnahmen des Organismus in Tätigkeit treten.

Die epidemiologische Erforschung der Beziehungen von Pocken und Schutzpockenimpfung hat folgende wesentliche Punkte zu berücksichtigen: Morbidität, Letalität und Mortalität an Pocken einerseits unter den notorisch erfolgreich Geimpften, andererseits unter den Ungeimpften oder

erfolglos Geimpften, eventuell mit einer besonderen Rubrik derjenigen Personen, bei denen die Impfung bzw. ihr Erfolg zweifelhaft war. Unter den Geimpften sind wiederum grundsätzlich die nur einmal Geimpften und die Wiedergeimpften zu unterscheiden, ferner eine Einteilung nach dem Zeitabschnitt vorzunehmen, der seit der letzten erfolgreichen Impfung zurückliegt (da der Impfschutz langsam abklingt), endlich möglichst auch die Zahl der Impfpusteln zu berücksichtigen (da mit ihrer Zahl, z. B. von 1 auf 4, der Impfschutz nachweislich ansteigt). Sehr charakteristisch ist die Verschiebung der Verteilung der Pockenerkrankungen und Todesfälle in einer gut durchgeimpften gegenüber einer ungeimpften Bevölkerung; während in letzterer die Pocken eine typische Kinderkrankheit darstellen, tritt die Beteiligung der ersten Lebensjahre in einer gut durchgeimpften Bevölkerung ganz zurück und entfallen die meisten Erkrankungen und vor allem Todesfälle auf die höheren Altersklassen, in Deutschland etwa vom 40. Lebensjahre ab. In einer gut geimpften Bevölkerung entfallen ferner die meisten noch vorkommenden Pockenfälle auf notorische Einschleppung vom Ausland und die unmittelbare Umgebung dieser Fälle.

2. Varizellen (Windpocken).

Ansteckung und epidemiologische Verbreitung analog derjenigen bei Pocken, doch ganz unabhängig von den letzteren, wie auch von der Schutzpockenimpfung, da keinerlei biologische Beziehungen zwischen beiden einander ganz fremden, wenn auch äußerlich ähnlichen Krankheiten bestehen. Übertragungsversuch des Pustelinhaltes auf die Kaninchenkornea (vgl. oben S. 618) verläuft ganz negativ. Die histologische Untersuchung des Pustelinhaltes ergibt als charakteristischen Befund am Grunde der Pustel Riesenzellen.

3. Maul- und Klauenseuche.

Diese ursprüngliche Tierseuche (bei Schafen und Rindern) ist auch auf den Menschen, insbesondere Kinder, übertragbar, z. B. durch Genuß von Milch infizierter Tiere. Mikrobiologische Diagnose möglich durch Verimpfung des Pustelinhaltes auf die Fußsohle des Meerschweinchens; an den skarifizierten Stellen entstehen deutliche Pusteln. Immunbiologischer Nachweis auch indirekt dadurch möglich, daß das Serum des Erkrankten virulizide Antikörper enthält, die bei Vermischung mit eventuell zur Verfügung stehendem Virus die Wirksamkeit dieses letzteren im Tierversuch aufheben.

4. Tollwut (Lyssa, Rabies, Hydrophobie).

Diese bei vielen Tieren, vor allem Hunden, Katzen, Wölfen, Pferden, Rindern, aber auch gelegentlich bei Hühnern, vorkommende Tierseuche wird durch den Biß erkrankter Tiere oder durch Hineingelangen von Speichel derselben in Hautverletzungen auf den Menschen übertragen. Zur Erklärung des manchmal scheinbar spontanen Auftretens der Seuche bei Tieren ohne nachweisbaren Kontakt mit manifest erkrankten Tieren muß wohl das Vorkommen latenter oder leichter Infektionen bei Tieren angenommen werden. Die Erkrankungshäufigkeit bei gebissenen Menschen ist je nach der Beschaffenheit der Bißstelle verschieden; je schwerer die durch den Biß gesetzten Verletzungen und je näher die Bißstelle am Gehirn, desto größer ist die Gefahr der Erkrankung an Tollwut, da das Virus sich entlang den Nervenbahnen verbreitet; Bisse am Kopf und schwere Bißverletzungen durch Raubtiere sind daher besonders gefährlich. War der

Biß durch die Kleidung hindurch erfolgt, so ist die Gefahr geringer, weil das Virus durch die schützenden Kleiderschichten zurückgehalten werden kann. Die Inkubationszeit der menschlichen Lyssa beträgt mehrere Wochen bis Monate; dies ist von größter praktischer Bedeutung, weil hierdurch die Möglichkeit gegeben ist, bei dem Gebissenen, bevor die Infektion zum Ausbruch gelangt, noch rechtzeitig die spezifische Immunisierung nach dem Pasteurschen Wutschutzverfahren durchzuführen. Letzteres besteht darin, daß aus dem für den Menschen infektiösen sogenannten Straßenvirus, das dem tollwütigen Tier entstammt, durch Tierpassage (Verimpfung auf das Kaninchen) eine dauerhaft abgeschwächte Variante, das sogenannte Passagevirus, entsteht, das beim Menschen nur noch immunisierende, nicht mehr krankmachende Wirkung hat und überdies durch Trocknung während einer verschiedenen Anzahl von Tagen abgeschwächt in allmählich steigender Dosierung zur Anwendung gelangt. Da — abgesehen von den unsicheren Versuchen, durch Ausbrennen oder Kauterisation der frischen Bißwunde das Virus am Orte seines Eindringens unschädlich zu machen — die Hauptaufgabe der Prophylaxe darin besteht, den Gebissenen möglichst rasch der spezifischen Wutschutzimpfung zuzuführen, so ist die richtige und rechtzeitige Diagnose von größter Wichtigkeit. Diese Aufgabe ist nach folgenden Gesichtspunkten zu erfüllen:

Fig. 58. Negri-Körperchen. Vergr. 1:1000. Aus Gotschlich u. Schürmann, a. a. O. S. 338.

In erster Linie ist die klinische Untersuchung des Tieres, das den Biß verursacht hat, durch den Tierarzt zu veranlassen, die auf Grund der charakteristischen Symptome der Tollwut (bei der sogenannten rasenden Wut, anfangs Erregungs-, später Lähmungszustände, bei der sogenannten „stillen Wut“ sogleich von vornherein nur die letzteren) für den erfahrenen Beobachter mit Sicherheit möglich ist. Für beginnende Tollwut ist schon jedes veränderte Benehmen des Tieres verdächtig.

Ist das verdächtige Tier bereits getötet, so kann durch mikroskopische Untersuchung des Gehirns und durch Tierversuch der Nachweis des Lyssavirus erbracht werden. Charakteristische makroskopische Organveränderungen sind bei Tollwut nicht vorhanden; sehr verdächtig ist der Befund unverdaulicher Fremdkörper (Stroh, Holz, Eisenteile u. dgl.) im Magen, die das tollwütige Tier verschluckt hat. Die mikroskopische Untersuchung des Gehirns, vor allem des Ammonshorns, ermöglicht den Nachweis der für Tollwut charakteristischen Negrischen Körperchen, die in ihrem Verhältnis zum filtrierbaren Tollwuterreger analog den Guarnierischen Körperchen bei Variola (vgl. oben S. 617f.) zu beurteilen sind.

Nachweis der Negrischen Körperchen nach Lentz: 2—3 mm dicke Querschnitte des Ammonshorns werden dem Schnellhärtungs- und -einbettungsverfahren

nach Henke-Zeller unterworfen (bei 37° für 30—40 Minuten in wasserfreies Azeton, dann die gleiche Zeit in geschmolzenes Paraffin bei etwa 50° eingebettet) und geschnitten, die Schnitte auf dem Objektträger angeklebt (vgl. Bd. 1, S. 375) und nach Lösung des Paraffins in Xylol 1 Minute mit absolutem Alkohol nachbehandelt. Färbung 1 Minute in einer Lösung von 0,5 g Eosin extr. B Hoechst in 100 ccm 60%igem Alkohol. Abspülen mit Wasser. Färbung 1 Minute mit Löfflers alkal. Methylenblaulösung (vgl. Bd. 1, S. 376). Abspülen mit Wasser, Trocknen mit Fließpapier; Differenzieren in 30 ccm wasserfreiem Alkohol (erhalten durch Behandlung von gewöhnlichem absoluten Alkohol mit wasserfreiem geglühten weißen $CuSO_4$), + 5 Tropfen einer Lösung von 1 g NaOH in wasserfreiem Alkohol, bis zur blaßrosa Färbung; Differenzieren in 30 ccm absolutem Alkohol + 5 Tropfen 50%iger Essigsäure, bis die Ganglienzellzüge als schwachblaue Linie erscheinen; kurz abspülen in absolutem Alkohol, Xylol, Einbetten in Öl oder Kanadabalsam. Die meist in den Ganglienzellen, aber auch extrazellulär gelegenen Negrischen Körperchen sind karminrot (eventuell mit blauen Innenkörperchen), die Ganglienzelle und ihre Kerne hellblau, die roten Blutkörperchen rot.

Der Nachweis der Negrischen Körperchen ergibt die positive Diagnose Lyssa; der negative Ausfall der Untersuchung läßt aber Lyssa mit Sicherheit nicht ausschließen, da eventuell nur die ultramikroskopischen Formen des Erregers vorhanden sein können.

In diesem Falle entscheidet der Tierversuch: Junge Kaninchen, die mit Emulsion des Gehirns des verdächtigen Tieres intrazerebral (nach Trepanation) oder intraokular oder durch Injektion in die Lumbalmuskulatur geimpft worden sind, desgleichen bunte Ratten auf letzterem Wege geimpft, erkranken nach 10—12 Tagen und verenden unter dem klinischen Zeichen der Wut, vor allem mit paralytischen Symptomen.

Ist das Tier, das gebissen hat, weder lebend noch tot erhältlich (irrende Hunde, Raubtiere), so ist zu versuchen, nach den Umständen der Bißverletzung den Verdacht auf Tollwut zu begründen oder auszuschließen (Biß ohne oder nach Reizung des Tieres usw.); im Zweifelsfalle ist stets die Wutschutzbehandlung anzuraten.

5. Poliomyelitis acuta (spinale Kinderlähmung).

Der Erreger ist ein submikroskopisches Virus, das durch Verimpfung von Rückenmarksemulsion Erkrankter auf den Affen, seltener auf das Kaninchen, bei diesen Tieren Lähmungen hervorruft, die dem menschlichen Erkrankungsprozeß ähneln. Die Übertragung erfolgt wahrscheinlich vom Nasenrachenraum aus; die epidemiologische Untersuchung hat auf Kontakt mit anderen Kranken oder Trägern latenter Infektion sich zu erstrecken; letztere stellen wahrscheinlich die Verbindung zwischen scheinbar vereinzelten Erkrankungen dar. Die Tendenz zur Verbreitung der Krankheit ist zu verschiedenen Zeiten und Orten sehr verschieden; früher galt die Krankheit überhaupt nicht als ansteckend.

6. Masern (Morbilli).

Der ultravisible Erreger ist auf Affen übertragbar; die Ansteckung erfolgt in erster Linie durch die katarrhalischen Ausscheidungen der oberen Atmungswege zu Beginn der Erkrankung, auf den Wegen der Kontakt- und Tröpfcheninfektion. Die lange Inkubationszeit (10—14 Tage) gibt die Möglichkeit einer wirksamen Schutzimpfung mit Rekonvaleszentenserum (nach Degkwitz) — in Ermangelung dessen mit Serum gesunder Erwachsener (die in ihrer Kindheit meist Masern überstanden haben) —; die Schutzimpfung erweist sich als wirksam, wenn sie vor dem 7. Tage nach der Infektion vorgenommen wurde.

Das Masernvirus zeigt nur sehr geringe Tenazität und ist daher in der Außenwelt nicht längere Zeit haltbar; es wird offenbar in der seuchenfreien Zeit in den oberen Atmungswegen leicht (unbemerkt) erkrankter oder latent infizierter Personen konserviert. Die Masern sind in den meisten Kulturländern eine echte Kinderkrankheit, von der fast alle Kinder ergriffen werden und von der — dank der sehr ausgeprägten Immunität — Erwachsene fast stets verschont bleiben. In Ländern (entlegenen Inselgruppen), die viele Jahre lang von Masern verschont blieben, erkranken nach erfolgter Einschleppung alle Altersstufen. Das Kommen und Gehen der Masernepidemien oder ihre wechselnde wellenförmige Ausbreitung, in dem Sinne, daß nach größeren Epidemien ein Tiefstand der Verbreitung existiert, der erst nach Jahren wieder von einer Akme gefolgt wird, erklärt sich durch Durchseuchung der Bevölkerung.

7. Scharlach (Scarlatina).

Über den Erreger sind die Meinungen geteilt; während nach Einigen hierfür ein ultravisibles Virus in Betracht kommt, vertreten zahlreiche andere Autoren die Ansicht, daß ein bestimmter hämolysierender Streptokokkus mit Bildung eines löslichen Toxins, das bei intrakutaner Verimpfung beim Menschen eine dem Scharlachexanthem ähnliche Lokalreaktion erzeugt, als Erreger anzusprechen sei; doch ist diese Toxinbildung neuerdings auch bei Streptokokkenstummen nachgewiesen worden, die nichts mit Scharlach zu tun haben. Diese nach dem um die Scharlachforschung hochverdienten amerikanischen Ehepaar Dick benannte Dick-Reaktion wird nach Analogie des im Kapitel Diphtherie angeführten Schick-Testes angestellt und ermöglicht die Auffindung der innerhalb einer Bevölkerungsgruppe, z. B. einer Schule, vorhandenen empfänglichen Individuen, die dann der Schutzimpfung mittels eines mit den genannten „Scharlach-Streptokokken" hergestellten Heilserums (nach Dochez) oder mit den löslichen Toxinen der genannten Streptokokken zu unterwerfen sind. Insbesondere die therapeutischen Wirkungen dieses Scharlachserums sind so vortrefflich, daß sie eine starke Stütze für das Bestehen von Beziehungen der genannten Streptokokken zum Scharlach darstellen. Die Sera und Reagentien für die Schutzimpfung sind in Deutschland von den Behring-Werken (Marburg a. Lahn) zu beziehen.

Die Übertragung des Scharlachs erfolgt in erster Linie durch die katarrhalischen Ausscheidungen seitens der zu Krankheitsbeginn bestehenden Angina, durch Kontakt und Tröpfcheninfektion; ob auch die während des Desquamationsstadiums abgestoßenen Hautschuppen den Ansteckungsstoff enthalten und verbreiten, wird neuerdings bestritten, ist aber doch nach epidemiologischen Erfahrungen wahrscheinlich. Jedenfalls weist das Scharlachvirus, zum Unterschied von dem Masernkontagium, eine erhebliche Widerstandsfähigkeit, speziell gegenüber Eintrocknung, auf, was die Übertragung durch indirekte Kontakte, auch durch die Luft und den trockenen Staub der Krankenräume, erklärt. Auch latente Infektionsträger, sowie Fortdauer der Ansteckungsfähigkeit während der Rekonvaleszenz und nach scheinbar völliger klinischer Genesung spielen in der Verbreitung des Scharlachs eine Rolle. Leichteste und atypische Fälle können bei der Ermittelung einer Epidemie, z. B. in Form von Anginen, sowie retrospektiv, z. B. durch Nachweis von Albuminurie oder Spuren von Hautabschuppung an den Endphalangen der Finger, nachgewiesen werden. Manche Züge in der Epidemiologie des Scharlachs sind noch ungeklärt, so das meist völlige Verschontbleiben tropischer und subtropischer Gegenden.

F. Methodische Notizen über Infektionskrankheiten durch Eingeweidewürmer.

I. Allgemeines.

Vom praktischen Gesichtspunkte der Diagnostik aus seien die Eingeweidewürmer nach zwei Gruppen betrachtet: Darmschmarotzer und Parasiten der inneren Organe und unter ersteren solche, die direkt von Mensch zu Mensch übertragen werden, indem ihre Eier mit dem Kot ausgeschieden und durch Kontakt wieder per os aufgenommen werden, und solche, bei denen die Übertragung indirekt nach Reifung in der Außenwelt, meist in einem Zwischenwirt, erfolgt. Im folgenden sind nur solche Wurmkrankheiten berücksichtigt, die in epidemischer Form auftreten können. Für alle Würmer, deren Eier mit dem Stuhl ausgeschieden werden, seien einige methodische Bemerkungen über den Nachweis der Wurmeier im Kot gebracht.

Oft genügt schon die direkte Untersuchung einer Aufschwemmung von etwa 1 Öse Stuhl in einem Tropfen Wasser im ungefärbten Deckglas-Objektträgerpräparat (Bd. 1, S. 359) bei einer Vergrößerung von 1 : 100—1 : 250 (mittlere und starke Trockensysteme). Bei nur spärlichem Vorkommen der Wurmeier sind Anreicherungsverfahren anzuwenden, indem man von mehreren Stellen des Kots etwa erbsengroße Proben entnimmt und daraus eine Emulsion herstellt, die nach einem der folgenden Verfahren weiter behandelt wird.

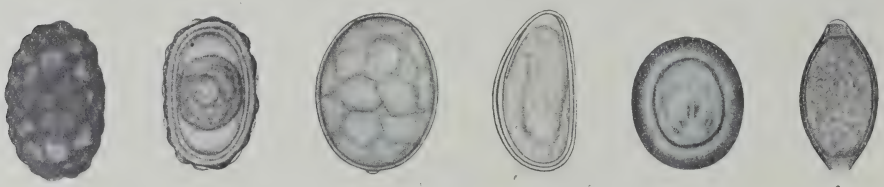


Fig. 59. Eier von Eingeweidewürmern. Vergr. 1 : 500. Aus Flügge, a. a. O. S. 97, Fig. 11.

Am einfachsten ist Filtrieren der wässerigen Aufschwemmung durch Gaze, um gröbere Teilchen zurückzuhalten, und Untersuchung des Filtrats nach Absitzen oder Zentrifugieren.

Nach Telemann wird die Kotprobe mit einer Mischung von gleichen Teilen Äther und Salzsäure geschüttelt, um Fette und Eiweißkörper aufzulösen, und dann nach Filtration durch ein feines Haarsieb wie oben weiter untersucht.

Umgekehrt kann man nach Fülleborn u. A. versuchen, die Wurmeier in einer Aufschwemmungsflüssigkeit von höherem spezifischen Gewicht (warmgesättigte und erkaltete Kochsalzlösung oder 50%ige Zuckerlösung) an der Oberfläche sich anreichern zu lassen, was etwa nach $\frac{1}{2}$—$\frac{3}{4}$ Stunde erreicht wird; die zuerst aufsteigenden Schwimmstoffe hebt man nach 5 Minuten vorsichtig ab, um das mikroskopische Bild nicht zu stören.

Für die Auffindung der mit bloßem Auge sichtbaren Würmer selbst oder ihrer Glieder im Kot wird nach Looß eine größere Menge Kot mit reichlichem, mehrfach wiederholtem Wasserzusatz verrührt, abgeschwemmt und der verbleibende Bodensatz untersucht.

Für viele Wurmkrankheiten ist als orientierende Probe der Nachweis der Vermehrung der eosinophilen Zellen im Blut möglich, die in unspezifischer Weise durch Aufnahme der von den Würmern gebildeten Stoffwechselprodukte zustandekommt.

Für den Nachweis von Würmern im kreisenden Blut (Mikrofilarien, Trichinellen) ist das Anreicherungsverfahren nach Stäubli zu empfehlen. 10 ccm Blut, durch Venenpunktion entnommen, werden durch Zusatz der 10fachen Menge von 3%iger Essigsäure zur Auflösung gebracht und das Zentrifugat mikroskopiert.

II. Darmschmarotzer.

1. **Oxyuris vermicularis,** ♂ 2—5 mm, ♀ 12 mm lang, dünn, von weißlicher Farbe. Eier oval, etwas unregelmäßig, 20 : 50 μ, mit dünner Schale und darin bereits sichtbarem Embryo abgelegt (Fig. 59 d). Die Würmer schmarotzen im Darm und kriechen, insbesondere nachts zum After zwecks Eiablage hinaus, wo sie starken Juckreiz verursachen und zur Übertragung der Eier in den Mund durch den kratzenden Finger führen. Die Verbreitung der Krankheit wird durch Unreinlichkeit und nahen Kontakt (Zusammenschlafen mehrerer Personen in einem Bett) gefördert.

2. **Ascaris lumbricoides** (Spulwurm), 20—25 cm lang, von weißgelblicher bis bräunlicher Farbe, von walzenförmiger Gestalt und mit zugespitzten Enden. Eier mit ungefurchter Keimzelle, oval, Breite 40—50 μ, Länge 50—70 μ, mit dicker durchsichtiger Schale und unregelmäßiger oft gelblich gefärbter Eiweißhülle (Fig. 59 a in Aufsicht, b mit Einstellung in optische Mitte). Übertragungsmodus noch nicht aufgeklärt, wahrscheinlich wie oben beim Oxyuris durch direkte Aufnahme der Eier per os. Die Spulwürmer kommen aus dem Darm gelegentlich sowohl aus dem After wie aus Mund und Nase hervor.

Fig. 60. Reife Glieder von Taenia solium (A) und Taenia saginata (B). Vergr. 1 : 4. Aus Wülker, S. 285. (Nach Neveu u. Lemaire.)

3. **Trichocephalus dispar, Trichiurus (Peitschenwurm),** meist als harmloser Schmarotzer im Coecum ohne Krankheitserscheinungen. Länge 40—50 mm, Dicke 2,5 mm, das Kopfende peitschenförmig zugespitzt; Eier ca. 20 : 50 μ, tonnenförmig, mit ungefurchter Keimzelle und bräunlicher, dicker, an beiden Polen durchbohrten Schale (Fig. 59 f.). Ansteckung wahrscheinlich wie oben unter 1.

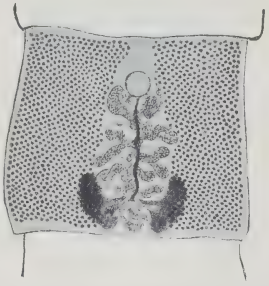


Fig. 61. Dibothriocephalus latus, mittelreifes Glied. Vergr. 1 : 7. Aus v. Wasielewski, a. a. O. S. 262, Fig. 124. (Nach Braun.)

4. **Taenia solium (Schweinebandwurm);** Proglottiden mit wenig verzweigtem Uterus; betr. Finne vgl. in Bd. 2, S. 672 f. Die Entwicklung der Eier (Fig. 59 e) kann, falls sie — entweder durch Hineingelangen von Kotteilchen in den Mund (vgl. oben unter 1.) — oder durch Regurgitieren von Darminhalt beim Erbrechen — in den Magen gelangen, auch im Menschen selbst erfolgen und führt dann durch Ansiedelung der Larven in den inneren Organen unter Umständen zu bedrohlichen Erscheinungen (Cysticercus cellulosae im Gehirn, Augen u. a.).

5. **Taenia saginata (mediocanellata), Rinderbandwurm;** Proglottiden mit fein verzweigtem Uterus; betr. Finne vgl. Bd. 2, S. 670 f.

6. **Dibothriocephalus latus (breiter Grubenkopf);** vgl. Bd. 2, S. 716.

7. **Hymenolepis nana,** in Deutschland selten, aber in West- und Osteuropa und in anderen Erdteilen, Länge nur 1—4,5 cm, Breite 0,5—0,9 mm, Kopf mit vier Saugnäpfen und einfachem Hakenkranz. Eier breit oval, 50 : 45 μ, mit doppelt konturierter Eihülle und deutlich erkennbarem Em-

bryo. Der Wurm lebt auch im Darm von Ratten und Mäusen und wird durch deren Kot auf den Menschen per os übertragen.

III. Parasiten in inneren Organen.

1. **Ankylostoma duodenale (Hakenwurm),** in warmen Ländern sehr weit verbreitet, in Deutschland nur bei Berg- und Tunnelarbeitern, da nur hier die für die Entwicklung des Wurms erforderliche hohe Temperatur dauernd gegeben ist; in größerer epidemischer Verbreitung anfangs des 20. Jahrhunderts im westfälischen Industriebezirk. Die Würmer, deren Länge beim ♂ etwa 4, beim ♀ etwa 5 mm beträgt, leben in großen Mengen im Dünndarm, wo sie sich mit dem Kopfende in die Schleimhaut einbohren und Blut saugen, außerdem durch ihre giftigen Stoffwechselprodukte unter Umständen schwere allgemeine Symptome (Anämie, Kachexie) verursachen. Eier oval, Länge 55—60 μ, Breite 35—40 μ mit einer oder mehreren Furchungskugeln im Inneren. Aus den Eiern im entleerten Kot entwickeln sich bei genügender Feuchtigkeit, Wärme und Luftzufuhr binnen 1—3 Tagen die Larven, die sich in den nächsten Tagen zweimal häuten, mit einer Hülle umgeben und im feuchten Stadium, z. B. besonders im überschwemmten Gelände, sich monatelang lebensfähig erhalten, auch an feuchten Wänden, an Gräsern u. dgl. emporklettern können. Die Larven dringen (nach Looß) durch die Haut ein und gelangen durch das Venensystem und das rechte Herz in die Lunge, um von dort nach nochmaliger Durchbohrung der Gefäßwand in die Luftwege und über Kehlkopf, Ösophagus und Magen in den Dünndarm zu wandern, wo die Geschlechtsreifung und Eiablage erfolgt. Seltener gelangen die Larven direkt per os in den Verdauungskanal.

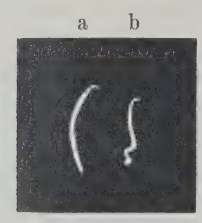


Fig. 62. Ankylostoma duodenale. a ♂, b ♀ Natürl. Größe. Aus v. Wasielewski u. Wülker, a. a. O. S. 306. (Nach Mosler u. Peiper.)

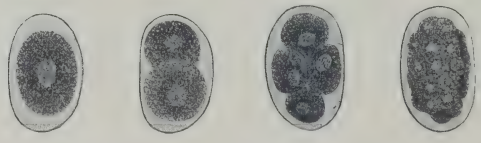


Fig. 63. Eier von Ankylostoma duodenale in frisch entleertem Kot. Vergr. 1 : 250. Aus v. Wasielewski, a. a. O. S. 312. (Nach Looß.)

Für die Verbreitung der Seuche kommen neben den manifest Erkrankten vor allem die latent Infizierten („Wurmträger") in Betracht, der an Zahl die der Kranken oft um ein Vielfaches übertrifft. Zum Nachweis der Wurmeier im Kot dient neben der direkten Stuhluntersuchung und dem oben beschriebenen Anreicherungsverfahren als zuverlässigste Methode das Kulturverfahren nach Looß. Eine wässerige Aufschwemmung der Fäzes wird auf feuchtem Kohlenbrei in Petrischalen gebracht, bei 25° bebrütet und nach 3—4 Tagen nochmals mit Wasser durchtränkt; die aus den Eiern ausschlüpfenden Larven sammeln sich an der Oberfläche, besonders in vorher angebrachten, mit Wasser gefüllten Vertiefungen und in den beim Austrocknen sich bildenden Spalten, wo sie bei schwacher Vergrößerung leicht nachgewiesen werden können. In ähnlicher Weise ist nach v. Wasielewski, Nissle und Wagner auch Züchtung auf 1%igem Agar (ohne Pepton, um Bakterienwachstum hintanzuhalten) möglich. Im frisch entleerten Stuhl sind noch keine Larven vorhanden zum Unterschied, von Strongyloides stercoralis.

Eine ähnliche Art **(Necator americanus)** kommt in Nordamerika in epidemischer Verbreitung vor.

2. **Bilharzia (Schistosomum haematobium** im Urogenitalsystem, **Schistosomum mansoni** im Rektum lokalisiert, erstere Eier mit endständigem, letztere mit seitenständigem Stachel). Die geschlechtsreifen Würmer, charakteristisch als Pärchen in Kopulation, das ♀ in dem an der Längsseite des ♂ entlang ziehenden Canalis gynaecophorus gelagert, leben in den Venen des Nierenbeckens und des Pfortadersystems, von wo die ovalen hartschaligen, mit einem Stachel bewehrten Eier abwärts in die Venen der Harnblase oder des Rektums gelangen und

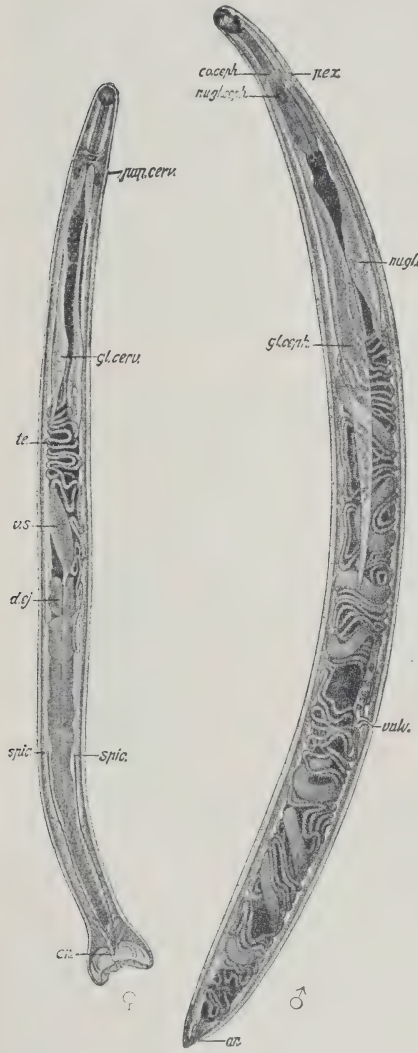


Fig. 64. Ankylostoma ♂ und ♀. Vergr. 1:15. Aus v. Wasielewski, a. a. O. S. 307. (Nach Looß.)

Fig. 65. „Kotlarve" von Ankylostoma duodenale. Vergr. 1:250. Aus v. Wasielewski, a. a. O. S. 307. (Nach Looß.)

Fig. 66. Ältere sogenannte „Scheidenlarve" von Ankylostoma duodenale. Vergr. 1:250. Aus v. Wasielewski, a. a. O. S. 307. (Nach Looß.)

dort Blutungen, Entzündungsprozesse, bei längerer Dauer der Erkrankung häufig Karzinom verursachen. Diagnose durch Nachweis der Eier in Harn und Fäzes oder in exzidierten Gewebestückchen. Die nach außen entleerten Eier lassen im Wasser einen bewimperten Embryo (Miracidium) ausschlüpfen, der seine Weiterentwicklung in Süßwasserschnecken durchmacht (Planorbis, Bullinus), an deren Vorkommen die endemische Verbreitung der Bilharziosis gebunden ist. Die reifen Larven dringen durch die Haut in das Venensystem ein und gelangen an ihre oben genannten Prädilektionsstellen.

Eine ähnliche Art **(Schistosomum japonicum)**, die durch eine andere Süßwasserschnecke übertragen wird, ist der Erreger einer ähnlichen in Japan und benachbarten Ländern epidemischen Erkrankung mit Sitz der Würmer in den Lebergefäßen und der Eier im Dickdarm, mit dysenterischen Symptomen. Die japanische Seuche ist zum Unterschied von der ägyptischen auch auf Tiere (z. B. Hunde und Katzen, sowie größere Haustiere) übertragbar.

3. **Trichina spiralis**; vgl. betreffs Morphologie und Vorkommen bei Schweinen und anderen Tieren in Bd. 2, S. 675ff. Nachweis der Larven (Trichinellen) beim Menschen im strömenden Blut nach Stäubli (vgl. oben S. 624); Nachweis im Muskel durch mikroskopische Untersuchung (bei etwa 80facher Vergrößerung) eines exzidierten Muskelstückchens von M. biceps nahe am Sehnenansatz in der Ellenbogenbeuge. Bei unklaren fieberhaften Erkrankungen und akutem Muskelrheumatismus an die Möglichkeit von Trichinose denken!

4. **Filarien**, in tropischen und subtropischen Ländern sehr weit verbreitet; auch eingeschleppte Fälle in Europa, da sehr chronischer Krankheits-

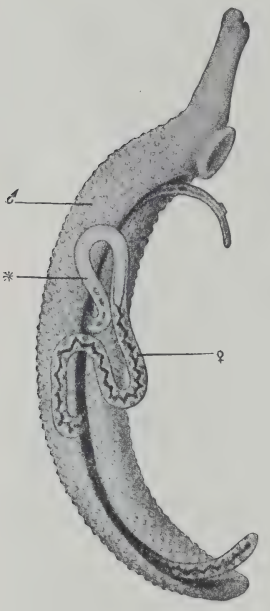


Fig. 67. Bilharzia-Pärchen in copula. Vergr. 1 : 10. Aus v. Wasielewski, a. a. O. S. 251. (Nach Looß.)

Fig. 68. Bilharzia-Ei mit Endstachel. Vergr. 1 : 300. Aus v. Wasielewski, a. a. O. S. 232. (Nach Looß.)

Fig. 69. Bilharzia-Ei mit Seitenstachel. Vergr. 1 : 300. Aus v. Wasielewski, a. a. O. S. 252. (Nach Looß.)

verlauf. Am häufigsten Filaria bancrofti, deren Geschlechtsformen in Gestalt dünner, 10—20 cm langer Würmer in den Lymphgefäßen schmarotzen und durch Stauung starke ödematöse Schwellungen des Unterhautzellgewebes (Elephantiasis) verursachen. Die lebhaft beweglichen Larven (Mikrofilarien) kreisen nur nachts im Blut, wo sie bei schwacher Vergrößerung leicht auffindbar sind. Übertragung durch verschiedene Stechmücken.

5. **Echinokokkus (Blasenwurm)**, das Finnenstadium eines im Dünndarm des Hundes lebenden Bandwurms (Taenia echinococcus) findet sich beim Menschen besonders in Leber und Lunge. Übertragung durch Aufnahme der Eier per os nach Kontakt mit Hundekot, der bei nahem Zusammenleben mit Hunden häufig genug zustande kommt. Nachweis auf mikrobiologischem Wege durch Komplementbindungsreaktion, wobei Echinokokkusflüssigkeit als Antigen mit dem Patientenserum zusammengebracht wird; betreffs der Technik analog der Wassermann-Reaktion vgl. in Bd. 1, S. 537f. und oben S. 595ff.

*) Betr. Literaturangaben zum Abschnitt „Infektionskrankheiten" vgl. oben S. 510 und Bd. 1, S. 357 f.

Die Methoden zur Prüfung und Begutachtung der Desinfektion.

Von

Prof. Dr. **W. Schürmann,** Bochum.

Mit 19 Abbildungen im Text.

Einleitung.

Beim teilweisen oder völligen Fehlen der für das Wachstum und Gedeihen der Mikroorganismen erforderlichen Lebensbedingungen tritt eine mehr oder minder starke Beeinträchtigung ihrer Lebensäußerungen ein; entweder kommt es zu einer Verlangsamung oder zum Stillstand der Entwicklung; der Mikroorganismus verharrt längere Zeit in einem latenten Zustande; nur bei günstigeren äußeren Bedingungen vermag er seine Lebenstätigkeit aufs neue zu entfalten, während er bei dauernden ungünstigen Lebensbedingungen seine Lebensfähigkeit vollkommen verliert und abstirbt. Durch die Einwirkung, z. B. chemischer Mittel, ist selbst bei sonst günstigen Lebensbedingungen eine direkte Keimschädigung möglich, und zwar offenbart sie sich je nach der Intensität der Einwirkung als Entwicklungshemmung oder als Abtötung; bei ersterer kann der Mikrobe, sobald er dem schädigenden Einfluß des betreffenden Agens entzogen ist, wieder seine volle Lebenstätigkeit entfalten, während die Keime im letzteren Falle bei vollkommener Abtötung, selbst bei Übertragung in ein für ihr Wachstum und ihre Vermehrung am geeignetsten erscheinendes Medium, kein Aufflackern von Leben mehr erkennen lassen. Die Entwicklungshemmung sowohl wie die Keimtötung kann durch chemische oder physikalische Desinfektionsverfahren künstlich herbeigeführt werden. Der entwicklungshemmende (antiseptische) Wert ist von der Konzentration der Lösung, der abtötende (desinfizierende) Wert — hier ist die Abtötung der vegetativen Formen (bakterizider Wert) von der Abtötung der Sporen (sporizider Wert) zu unterscheiden — dagegen außerdem von der Einwirkungsdauer des betreffenden Desinfektionsmittels abhängig. Da die Sporen äußerst widerstandsfähige Gebilde darstellen, die nur durch intensivste Einwirkung völlig vernichtet werden können, liegt der sporizide Wert bedeutend höher als der bakterizide Titer. Für die vegetativen Formen läßt sich ein bestimmter bakterizider Titer nicht angeben, da die Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Arten wiederum ganz verschieden ist. So ist z. B. der Staphylococcus pyogenes aureus bedeutend widerstandsfähiger als andere Bakterien.

Das Absterben der im Testmaterial enthaltenen Keime unter dem Einfluß eines Desinfektionsmittels geht nicht schlagartig auf einmal vor sich,

sondern in Gestalt der sogenannten Absterbekurve. Den beiden dänischen Forschern Madsen und Nymann verdanken wir die Kenntnis des wirklichen Gesetzes der Absterbeordnung. Sie haben auf Grund der Arbeiten von Paul und Krönig und eigener Forschungen nachgewiesen, daß der Absterbevorgang mit dem Verlauf der sogenannten monomolekularen Reaktionen übereinstimmt, Reaktionen, bei denen nur eine Molekülgattung eine nachweisbare Änderung ihrer Konzentration erfährt. Der Absterbevorgang verläuft so, daß die Zahl der Absterbenden immer der Menge der Überlebenden proportional ist (s. Absterbekurve, Fig. 1).

Die Kurve zeigt, daß die Zahl der Überlebenden zunächst steil, dann aber allmählich langsamer abfällt. Die schwarzen Rechtecke zeigen, daß auch die Zahl der Absterbenden von Minute zu Minute kleiner wird, da sich die Anzahl der Überlebenden proportional der Absterbegeschwindigkeit ständig vermindert.

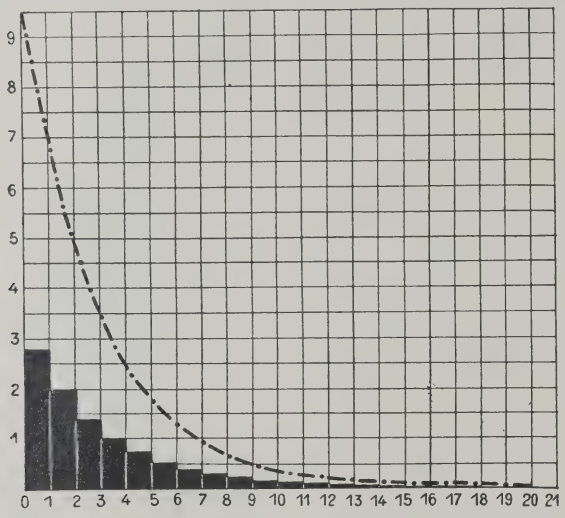


Fig. 1. Absterbekurve. Aus Reichenbach: Die theoretischen Grundlagen der Desinfektion. Zentralbl. f. Bakt. 1922, 1. Abt. 89. Bd., H. 1/3. (Orig.).

Nach Reichenbach ist im Gegensatz zu Paul und Krönig, Chick und Martin, welche den Absterbevorgang auf eine chemische Gesetzmäßigkeit zurückführen, die beobachtete Absterbeordnung von der Resistenz der einzelnen Individuen, ihrer verschiedenen Altersstufen abhängig.

Spezifische Gifte (Saponin und Cyan), die die Bakterienzelle kaum schädigen, vernichten in ganz kurzer Zeit schon Protozoen. Substanzen von hochkomplizierter chemischer Konstitution wirken bei gewissen Bakterien und Protozoen selbst in schwachen Konzentrationen elektiv, so z. B. das Malachitgrün auf Choleravibrionen, das Tribrom — β — Naphthol auf Eiterkokken, Diphtheriebazillen und sogar auf die äußerst widerstandsfähigen Milzbrandsporen, während es gegenüber Pyocyaneus- und Tuberkelbazillen fast ohne jede Wirkung ist. Demnach spricht man von halbspezifischer oder spezifischer Desinfektionswirkung.

A. Untersuchung der Desinfizientien und Desinfektionsverfahren.

I. Allgemeines.

1. Prüfung auf Entwicklungshemmung.

Man prüft ein Desinfektionsmittel auf seine entwicklungshemmende Kraft in der Weise, daß man den verschiedenen mit dem gleichen Bakterium beimpften Nährböden (gleiche Krankheitsbedingungen vorausgesetzt) das betreffende chemische Agens in genauen quantitativ

abgestuften Mengen, d. h. in verschiedenen Konzentrationsverhältnissen zusetzt. Kontrollversuche, Versuche ohne Zusatz des betreffenden Desinfiziens sind unbedingt der Versuchsreihe anzufügen. Nach 24—48stündiger Bebrütung bei 37° C wird durch Gießen von Testplatten oder im hängenden Tropfen diejenige Dosis festgestellt, bei der das Bakterienwachstum eben noch vollkommen gehemmt wird. Bei der Ausführung solcher Versuche ist eine genaue Notierung der Beobachtungszeit notwendig, da es Desinfizienten gibt, die mit der Zeit durch Verflüchtigung oder allmähliche Umsetzung (Sublimat) ihre entwicklungshemmende Wirkung einbüßen. Vom Sublimat ist z. B. bekannt, daß ein Gehalt desselben im Blutserum von 1 : 10000 jede Entwicklung auf 2 Tage hemmt, während ein Gehalt von 1 : 6000 bei Ausdehnung des Versuchs auf 8 Tage unzulänglich ist.

Als Beispiel diene folgende Tabelle aus: Schürmann, Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten 1917, Bd. 84.

Verdünnungen	Lysol			
	Bac. coli	Bac. pyocyaneus	Bac. typhi	
$^1/_{10}$	0	0	0	0 = Kein Wachstum.
$^1/_{100}$	0	0	0	+ = Wachstum.
$^1/_{200}$	0	0	0	Die Verdünnungen wurden in Bouillon hergestellt. Diese Bouillongemische, 10 ccm, wurden mit 0,3 ccm einer 24stünd. Agarkulturaufschwemmung beimpft. 24 bis 48 Stunden Brutschrank bei 37° gehalten. Nach dieser Zeit wurden aus sämtlichen Gemischen Agarplatten ausgestrichen.
$^1/_{300}$	0	0	0	
$^1/_{400}$	+	0	0	
$^1/_{500}$	+	0	+	
$^1/_{1000}$	+	+	+	
$^1/_{10000}$	+	+	+	
$^1/_{100000}$	+	+	+	

Kontrolle: Bouillon ohne Desinfiziens:

Bac. coli	Bac. pyocyaneus	Bac. typhi
+++	+++	+++

Die bei Entwicklungshemmungsversuchen gefundenen Werte können sich dadurch verschieben, daß die Mikroben durch allmähliche Angewöhnung an antiseptische Lösungen noch bei Konzentrationen wachsen, die vorher entwicklungshemmend waren, z. B. gewöhnt sich der Milzbrandbazillus an steigende Dosen von Arsenik (Danyscz). Auch der Nährboden ist auf die entwicklungshemmende Wirkung des verwendeten Agens von Einfluß. Chemische Bestandteile des Substrates können mit dem einwirkenden Agens in Reaktion treten und dadurch die schädigende Wirkung desselben durch Bindung und Ausfällung verhindern, z. B. Sublimat in Blutserum oder in wässeriger Lösung. Auch die Nährböden, je nachdem sie dem Mikroben günstig oder ungünstig liegen, sind von Bedeutung; denn je günstiger die Lebensbedingungen, um so mehr erhöht sich die Widerstandsfähigkeit der Bakterien gegenüber der Einwirkung des Desinfiziens. Dasselbe gilt von der Temperatur, bei welcher die Mikroben unter Zusatz des schädigenden Agens wachsen. Die Entwicklungshemmung tritt bei Bruttemperatur schwieriger ein als bei Zimmertemperatur, weil die Resistenz des Mikroben bei Bruttemperatur günstig beeinflußt wird.

2. Prüfung auf keimtötende Wirkung.

Für die Prüfung eines Desinfektionsmittels auf seine keimtötende Kraft spielen die Menge der ausgesäten Bakterien, ihre Rassen und individuellen Differenzen und die Unterschiede in der Resistenz der verschiedenen Bakterienarten eine nicht untergeordnete Rolle. Als Testmaterial verwendet man gewöhnlich Milzbrandsporen als Vertreter der sporentragenden, Staphylococcus pyogenes aureus als widerstandsfähigste Art unter den nicht sporenbildenden Bakterien; die Bakterien werden entweder in Flüssigkeiten aufgeschwemmt (Suspensionsmethode) (davon 0,3 ccm zu

10 ccm des zu prüfenden Desinfektionsmittels) oder in angetrocknetem Zustande der Wirkung des Desinfektionsmittels ausgesetzt, und zwar an Seidenfäden, Granaten oder Batiststückchen angetrocknet (Paul und Krönig) (Keimträgermethoden).

a) Suspensionsmethoden.

Bei der Suspensionsmethode nach Gruber werden dichte Bakteriensuspensionen filtriert, mit Desinfektionslösung verschiedener Konzentration versetzt. Nach bestimmten Zeiten wird ein Tropfen oder 1 Öse in Bouillon übertragen und von hier aus durch Weiterimpfung von z. B. 6 Ösen in ein zweites eventuell drittes Röhrchen zur Vermeidung der Entwicklungshemmung durch das mitverimpfte Desinfiziens, das dabei stark verdünnt wird, weitere Kulturen angelegt.

Nach Proskauer soll die entwicklungshemmende Wirkung des mitverimpften Desinfiziens durch ein besonderes Lösungsmittel beseitigt werden. Er empfiehlt daher Vermischen von Bouillon zur Nachkultur in Reagenzgläsern mit sackförmiger Ausbuchtung (1—2 cm unter oberem Rand), bei teerölhaltigen Präparaten mit Rüböl, welches die Kohlenwasserstoffe dann gelöst enthält.

b) Keimträgermethoden.

a) Seidenfädenmethode. Schon bei den ersten Desinfektionsversuchen gebrauchte R. Koch an Seidenfäden angetrocknete Milzbrandsporen. Seide mittlerer Dicke wird in 1—3 cm lange Stückchen zerschnitten und ½ Stunde bei 160° C in einem mit Watte gut verschlossenen Reagenzglase sterilisiert. Um eine gleichmäßige Durchtränkung der Fäden mit Bakterien zu erzielen, wird eine 24stündige Kultur in steriler physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt, zur Beseitigung gröberer Bakterienklümpchen durch ein sterilisiertes Papierfilter filtriert. In das Filtrat werden die Seidenfäden dann gebracht und darin für etwa 30 Minuten belassen. Am besten legt man sie dann zur Befreiung von der überschüssigen Flüssigkeit zunächst auf steriles Fließpapier (Vorsicht, damit nichts auf den Tisch durchsickert) und nachher einzeln in sterile Schälchen zum Trocknen (Exsikkator über Chlorkalzium oder Phosphorsäureanhydrid). Das Herausnehmen der getrockneten Fäden hat mit der größten Vorsicht zu geschehen. Man stellt das Schälchen mit den getrockneten Fäden auf einen Bogen Papier, da manchmal Fäden abspringen. Das Papier und die etwa abgesprungenen Fäden sind zu ver-

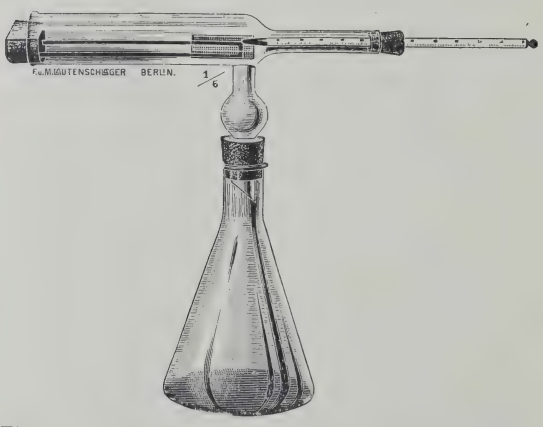


Fig. 2. Ohlmüllers Apparat zur Prüfung der Widerstandsfähigkeit von Sporen. Aus Prausnitz, Desinfektion. Lehrb. der Mikrobiologie von Friedberger u. Pfeiffer, Bd. 1 (Verlag G. Fischer, Jena 1919).

brennen und die Faßenden der benutzten Pinzette abzuflammen. Vor dem jedesmaligen Gebrauch sind die Sporen auf die Widerstandsfähigkeit am besten in dem von Ohlmüller angegebenen Apparat zu prüfen (s. Fig. 2).

Dieser Apparat besteht aus einer Kochflasche, in der das Wasser durch eine untergestellte Gasflamme zu lebhaftem Sieden erhitzt wird. Auf dem durchbohrten Gummistopfen ist ein wagerechtes weites Glasrohr angebracht, das sich nach der einen Seite etwas im Durchmesser verkleinert und daselbst ein Thermometer enthält, dessen Quecksilberkugel gerade über der Dampfausströmungsöffnung liegt. Von der anderen Seite des Glasrohres wird ein Drahtnetzchen, das die zu prüfenden Sporenfäden aufnimmt, in den Dampfraum eingeschoben.

Bei der Anstellung des Versuches, Prüfung der Widerstandsfähigkeit der Testsporen gegen strömenden Dampf von 100° C, wird das Wasser in der Flasche zum Kochen gebracht und wenn alle Luft daraus verdrängt ist, ein Sporenfaden auf dem Drahtnetz in den Dampfraum gebracht, nach ½ Minute mit steriler Pinzette wieder herausgenommen und in ein Bouillonröhrchen gelegt. Ein zweiter Faden bleibt 1 Minute, ein dritter 2 Minuten usw. dem Dampf ausgesetzt. Die angelegten Bouillonröhrchen werden bei 37° mehrere Tage beobachtet. Für gewöhnlich werden Milzbrandsporen durch Dampf von 100° in 2—4 Minuten abgetötet.

β) Granatenmethode. Als Ersatz der Seidenfäden sind von Krönig und Paul die sogenannten Granaten (Halbedelsteine), die sich besonders für die Prüfung chemischer Desinfektionsmittel eignen, eingeführt worden, um beim Versuch eine möglichst gleichgroße Anzahl von Keimen an der Oberfläche zu haben.

Die Granaten werden daher (rissige oder defekte werden von vornherein ausgeschaltet) mittels eines Siebes ausgelesen und peinlich gereinigt; am besten werden sie mit roher Salzsäure ($1 + 3\ H_2O$) ausgekocht, mit Wasser längere Zeit geschüttelt, dann mit Alkohol, Äther gewaschen, mit Aqu. dest. gespült, getrocknet und schließlich im Erlenmeyerschen Kölbchen ½ Stunde bei 200° C sterilisiert. Mit der Bakterienaufschwemmung werden die Granaten im Schüttelzylinder geschüttelt; man läßt dann die überschüssige Flüssigkeit auf einem enghalsigen mit flacher Schale bedeckten Trichter gut abtropfen; Trocknung auf Nickeldrahtnetz, das eventuell in einen Exsikkator eingelegt wird, am besten 12 Stunden im Eisschrank, damit die Sporen, die sich noch in dem anhaftenden Wasser befinden, nicht zu vegetativen Formen auswachsen können. Die weitere Aufbewahrung der getrockneten Granaten geschieht am vorteilhaftesten in kleinen Reagenzgläsern, die in ebensoviele größere Reagenzgläser über Chlorkalzium unter Gummikappenverschluß eingestellt werden.

Für die Prüfung eines Desinfektionsmittels sind von Krönig und Paul eine Reihe von Forderungen aufgestellt, von denen ich hier einige, die von besonderer Wichtigkeit sind, wiedergebe.

1. Die für eine vergleichende Versuchsreihe benutzten Mikroben müssen gleiche Widerstandsfähigkeit haben.

2. Die Anzahl der zu den einzelnen Versuchen verwendeten Bakterien muß annähernd die gleiche sein.

3. Die Bakterien müssen in die desinfizierenden Lösungen gebracht werden, ohne daß etwas von dem Nährsubstrat, auf dem sie gezüchtet werden, übertragen wird.

4. Die Desinfektionslösungen müssen während der Einwirkung stets die gleiche Temperatur haben (18° C).

5. Nach der Einwirkung der desinfizierenden Mittel müssen die Bakterien wieder möglichst vollständig von diesen befreit werden.

6. Die Bakterien müssen, nachdem sie der Einwirkung der desinfizierenden Lösungen ausgesetzt wurden, auf gleiche Mengen desselben günstigen Nährbodens, bei gleicher Temperatur, wenn möglich beim Optimum zum Wachstum gebracht werden. Auch sind nach Süpfle für die verschiedenen Bakterien verschiedene optimale Nährböden angegeben.

Für Staphylokokken	3%ige Traubenzuckerbouillon
Für Bakt. coli	1%ige Traubenzuckerbouillon
Für Streptokokken Für Diphtheriebazillen Für Proteus	1%ige Traubenzuckerbouillon mit 5% Serum
Für Milzbrandkeime und Schweinerotlaufbakterien	3%ige Traubenzuckerbouillon mit 5% Serum

7. Handelt es sich um wissenschaftliche Untersuchungen, dürfen die Konzentrationen der Lösungen nicht nach Gewichtsprozenten verglichen werden, sondern es müssen äquimolekulare Mengen der betreffenden Stoffe zur Anwendung kommen.

Wird für den Desinfektionsversuch eine Bakterienaufschwemmung oder Seidenfäden mit angetrockneten Bakterien oder Granaten oder Quarzkörner benutzt, so geht man folgendermaßen vor: Nach dem Ansetzen dieser verschieden prozentigen Lösungen des Desinfektionsmittels, z. B. 0,1%-, 0,5%-, 1%ig usw., werden zu je 10 ccm der Lösungen 0,3 ccm der betreffenden Bakterienaufschwemmung, einige Seidenfäden oder Granaten (s. weiter unten) zugesetzt und während einer bestimmten Zeit der Einwirkung des betreffenden chemischen Agens ausgesetzt, d. h. in verschiedenen Intervallen (1, 5, 10, 20, 30, 40, 50 und 60 Minuten) werden mit steriler Platinöse von dem Gemisch einige Ösen in eine sterile Petrischale gebracht und mit Agar, der auf 45° C abgekühlt ist, unter Hin- und Herschwenken übergossen. Wenn es sich um an Seidenfäden angetrocknete Bakterien handelt, werden nach beendigter Desinfektionsdauer 2—3 Seidenfäden aus der Desinfektionsflüssigkeit herausgenommen und zum Abspülen derselben in steriles Wasser oder in Lösungen chemischer Neutralisationsmittel (Schwefelammonium gegenüber Sublimat, schwache Säure gegenüber Alkali und umgekehrt, Bromwasser gegenüber Phenol) ca. 5—10 Minuten getaucht, dann in derselben Weise, wie oben angegeben, in einen den Bakterien möglichst zusagenden Nährboden und unter günstigste Entwicklungsbedingungen gebracht, um nach 24—48stündiger Bebrütung bei 37° C festzustellen, ob die Keime noch lebensfähig oder vollkommen abgestorben sind. Kontrollen der betreffenden Bakterien ohne Desinfektionszusatz sind jedem Versuche beizugeben. Am besten werden als Nährböden Agar und Bouillon nebeneinander benutzt.

Bei den Versuchen unter Benutzung von Granaten hat man bestimmte Winke zu beachten. Während der Zeit, in der die Desinfektionslösungen in einem Thermostaten (am besten mit Rührwerk) die Versuchstemperatur annehmen, werden mit einer sterilen Pinzette die für jede Lösung nötige Anzahl infizierter Granaten in kleine Glasschälchen, die durch übergreifende Deckel sicher zu verschließen sind, gelegt. Bei Versuchsbeginn werden die Granaten in die Desinfektionslösungen geschüttet. Dann bringt man die Granaten innerhalb der Lösung mittels Pinzetten auf kleine Platinsiebchen, die mit einem Platinhalter versehen sind und läßt nun das Desinfektionsmittel noch weiter einwirken. Man wählt diesen etwas umständlichen Weg, um das Entstehen von Lufträumen zu vermeiden und um eine unbedingte leichmäßige Benetzung mit der Desinfektionslösung zu garantieren. Nach Ablauf der für den Desinfektionsversuch angesetzten Zeit werden die Siebchen aus der Lösung herausgehoben und in Schälchen mit sterilem Wasser mehrere Male abgespült. Als Abspülungsflüssigkeit kommen noch in Betracht für Basen: verdünnte Essigsäure, für Säuren Ammoniak, für Chlor und Brom verdünntes Ammoniak, für Jod wässerige Natriumthiosulfatlösung,

für Formaldehyd Ammoniak, für Salze der Schwermetalle Schwefelammonium, für Karbolsäure am besten verdünntes Ammoniak. Nach ca. 10 Minuten langem Verweilen der Granaten in einer der genannten Flüssigkeiten erfolgt Abspülung in sterilisiertem Wasser (10 Minuten). Nun bringt man ungefähr 5 Granaten in graduierte Röhrchen, die 3 ccm steriles H_2O enthalten. Schütteln mit einem sterilen Drahtröhrchen ca. 3 Minuten lang. Zu der so erhaltenen Bakterienaufschwemmung gießt man 12 ccm verflüssigten Agar (abgekühlt auf 42° C), entleert das Ganze in sterile Petrischalen und läßt den Agar erstarren. Brutschrank (37° C) 24 Stunden. Nach 24 Stunden erfolgt die erste Zählung der Kolonien. Nach 2—3tägiger Bebrütung nochmalige Zählung, die am besten unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrößerung ausgeführt wird.

Die Untersuchungen von Krönig und Paul haben ergeben, daß die Abtötungszeit von Bakterien der Konzentration der Desinfektionsflüssigkeit nicht proportional ist oder anders ausgedrückt: um den gleichen Desinfektionseffekt hervorzubringen, gebraucht man bei halb so starken Lösungen nicht die doppelte Zeit, sondern mehr oder weniger.

γ) Batiststückchenmethode (Hailer). Stückchen vom durchsichtigen Baumwollbatist (8 : 12 mm) (Batist mit Appretur ist unverwendbar) werden im Autoklaven sterilisiert, in dichte Aufschwemmungen von Bakterien (24stündige Agarkultur mit 15 ccm Aqu. dest. abgeschwemmt und nachgespült und durch 1 cm dicke Lage von Glaswolle filtriert) oder Sporen für ¼ Stunde eingelegt. Die Sporen werden in Schrägagarröhrchen gezüchtet, die mit je 2 ccm H_2O abgeschwemmt werden. Nach dem Zusammengießen wird die Aufschwemmung zur Zerteilung von Bakterien bzw. Sporenklümpchen mit Granaten gut geschüttelt; dann werden die Batiststückchen mit den Bakterien weiter behandelt. Die Batiststückchen werden im Exsikkator über Chlorkalzium getrocknet. Für den Versuch werden die infizierten Batiststückchen in Glasröhrchen eingelegt und im Thermostaten mit den vorgewärmten desinfizierenden Lösungen übergossen. Nach vorgesehenen Zeiten werden die Stückchen mit der sterilen Pinzette herausgenommen und bei Prüfung von Säuren und Basen mit der neutralisierenden Lösung, bei Phenolen mit sterilem Wasser oder Seifenlösungen abgespült und dann in Bouillon eingelegt. Beobachtung des Wachstums nach Brutschrankaufenthalt bei 37° C viele Tage lang. Zur Identifizierung der eventuell gewachsenen Keime Ausstriche auf feste Nährböden.

δ) Zur Entfernung des Desinfiziens von den Bakterienleibern hat Schäffer das Zentrifugieren empfohlen. Dieses Verfahren erscheint aber wegen des zähen Festhaltens des Desinfiziens am Bakterium als wenig aussichtsreich.

c) Eine weitere Methode zur Prüfung der Desinfektionswirkung ist die von Rideal-Walker. Das Wesentliche dieser Methode besteht darin, daß das Phenol und das zu prüfende Mittel, beide in verschieden gleichmäßig abgestuften Konzentrationen, auf Suspensionen von Bakterien (Typhusbazillen) wirken. Zu 5 ccm der entsprechenden Verdünnung des Desinfektionsmittels setzt man 5 Tropfen einer Bouillonkultur und impft in Abständen von 2½ Minuten je 1 Öse in ein Bouillonröhrchen (5 ccm). Man erhält den Karbolsäurekoeffizienten dadurch, daß man die Konzentration des zu prüfenden Desinfektionsmittels durch die in der gleichen Einwirkungszeit abtötende Phenolkonzentration dividiert (Hailer).

Beispiel: Phenol tötet Typhusbazillen
bei 1 : 100 in 4½ Minuten ab,
Cyllin bei 1 : 1500 in 7½ Minuten

$$\text{Karbolsäure-Phenol-Koeffizient} = \frac{1500}{100} = 15.$$

Für die Beurteilung eines Desinfektionsmittels lehnt Hailer den Phenolkoeffizienten als Wertmaßstab ab, da man ein jedes Desinfektionsmittel nur mit einem Repräsentanten seiner eigenen Klasse vergleichen kann, z. B.

Phenolpräparate nur mit Karbolsäure, Kresolseifenpräparate mit Kresol in wässeriger Lösung, Formaldehydpräparate mit rein wässeriger Formaldehydlösung, Säuren mit Salzsäure.

An die eben besprochene Rideal-Walkersche Methode reiht sich die Lancet-Methode an. Man filtriert eine in Fleischwasser-Pepton-Bouillon gewachsene Kultur von Bact. coli durch doppelte Lage von schwedischem Filtrierpapier und gibt nun davon 5 Tropfen zu je 5 ccm der in abgestuften Verdünnungen (1 : 700, 1 : 800 usw.) — dieselben Verdünnungen wie die zum Vergleich herangezogene Karbolsäurelösung — frisch bereiteten Lösungen des Desinfektionsmittels. Abgeimpft wird daraus mit einem Platinlöffel von 8 mm Durchmesser und 0,08 ccm Inhalt in Mc. Conkeys Nährmedium, das aus 5 g Natriumtaurocholat, 5 g Glukose, 20 g Pepton, 100 ccm 5%iger Merckscher Lackmuslösung hergestellt und mit destilliertem Wasser auf 1 l aufgefüllt wird. Abfüllung von je 10 ccm in Reagenzgläser. Die Abimpfung erfolgt:

bis 15 Minuten alle 2½ Minuten,
dann bis 30 Minuten alle 5 Minuten.
48 Stunden Brutschrank bei 37° C.

Der Koeffizient wird hier als Quotient der niedrigsten Prozentzahlen berechnet, in denen die Karbolsäure (Dividend) und das zu untersuchende Desinfektionsmittel (Divisor) keimtötend wirken.

Beispiel aus Klimmer: Technik und Methodik der Bakteriologie und Serologie. Verlag J. Springer, Berlin 1923:

		Prozentgehalt der Lösung des Desinfektionsmittels							
		1,10	1,00	0,917	0,846	0,786	0,733	0,687	0,647
Phenol	2½ Min.	0	0	+	+				
	30 „					0	0	+	+
		0,333	0,250	0,200	0,166	0,143	0,125	0,111	0,100
Das zu prüfende Desinfekt.-Mittel	2½ Min.	0	0	+	+	+			
	30 „			0	0	+	+	+	+

Der Koeffizient beträgt, da Phenol in 2½ Minuten bei einem Prozentgehalt von 1,00, das fragliche Desinfektionsmittel bei 0,25 abtötet, demnach 1,00 : 0,25 = 4. In 30 Minuten wirkt Phenol bei 0,733%, das fragliche Desinfektionsmittel bei 0,166% keimtötend. Der Koeffizient beträgt hier also 0,733 : 0,166 = 4,4. Das Mittel aus beiden Koeffizienten beträgt demnach

$$\frac{4 + 4{,}4}{2} = 4{,}2.$$

Wenn auch diese Methode als ein Vorteil gegenüber dem Rideal-Walker-Verfahren anzusehen ist, so haftet ihr doch der Nachteil an, daß Bact. coli in seiner Widerstandsfähigkeit größere Schwankungen als Bact. typhi aufweist. Auch wird das bilesalt-medium nach Mac Conkey für geschwächte Koli-Typhuskeime als ein ungünstiger Nährboden im Gegensatz zu gewöhnlicher Bouillon angesehen.

Bei allen praktischen Desinfektionsversuchen kommt es vor allem darauf an, die natürlichen Bedingungen, unter denen die Desinfektion vor sich gehen soll, möglichst getreu nachzuahmen; so wird man z. B., wenn es sich um Versuche über Kleiderdesinfektion handelt, die zu prüfenden Keime an Kleiderstoffe bringen.

Durch die Verfeinerung der Technik und Methodik der Prüfung chemischer Desinfektionsmittel ist eine Verschiedenartigkeit in den Untersuchungsergebnissen eingetreten. Die von Grasberger tabellarisch zusammengestellten Unterschiede seien hier wiedergegeben:

Milzbrandsporen durch Sublimat abgetötet.

1881 nach R. Koch	in Lösungen von	1 : 1000	in wenigen Minuten
1889 „ Geppert	„ „ „	1 : 1000	„ 7 Stunden
	„ „ „	1 : 100	„ 12 Minuten

1890	nach	Nocht	in Lösungen von	1 : 1000	in 4	Stunden
1890	„	v. Behring	„ „ „	1 : 1000	„ 10	Stunden
1891	„	Geppert	„ „ „	1 : 1000	„ 70	Stunden
1897	„	Krönig u. Paul	„ „ „	16,5 : 1000	„ 7—12	Minuten
1908	„	Ottolenghi	„ „ „	54 : 1000	„ 24	Stunden

Die abtötende Wirkung von Sublimat auf vegetative Formen:

1881	nach	Koch	in Lösungen von	1 : 1000	sofort	
1897	„	Krönig u. Paul	„ „ „	4,2 : 100	in 3 Min.	(Staphylokokken)
1903	„	Schumburg	„ „ „	1 : 1000	„ 45 Min.	„
1903	„	Ballner	„ „ „	2 : 1000	„ 70 Min.	„
1905	„	Speck	„ „ „	1 : 1000	„ 70 Min.	„
1908	„	Chick u. Martin	„ „ „	50 : 1000	„ 50 Min.	„
1909	„	Ottolenghi	„ „ „	5,4 : 1000	„ 7 Std.	„
1911	„	Ottolenghi	„ „ „	27,1 : 1000	„ 3 Std.	„
			„ „ „	1,36 : 1000	„ 9 Std.	„
			„ „ „	0,136 : 1000	„ 24 Std.	„

Zu berücksichtigen wäre insbesondere noch die Wirkung von Desinfizientien auf Bakterien in eiweißhaltigen Medien. Von v. Behring wurde die geringere Desinfektionswirkung von Sublimatlösungen auf Bakterien in Serum, Blut und Eiter auf die Ausfällung von unlöslichen Quecksilberalbuminat geschoben im Gegensatz zu Krönig und Paul, die diese Verminderung der desinfizierenden Wirkung auf eine Herabsetzung der Konzentration der Metallionen zurückführten, eine Ansicht, die auch von anderen Forschern bestätigt worden ist.

Wie schon oben auseinandergesetzt, ist der Ausfall der Desinfektionsversuche vor allem von dem Einfluß der Temperatur und von der Beschaffenheit des Materials (eiweißhaltig oder nicht) abhängig; weiter ist von wesentlicher Bedeutung der Einfluß des Lösungsmittels, indem chemische Desinfizientien in alkoholischer oder öliger Lösung ihre Wirksamkeit verlieren; dagegen bewirken manche Zusätze (Seife zu Kresolen) eine Steigerung der Desinfektionswirkung, wie auch verschiedene Desinfizientien bei gleichzeitiger Einwirkung Summationswirkung zeigen können.

II. Physikalische Desinfizientien.

Die Abtötung der Bakterien durch Austrocknung mittels direkten oder diffusen Sonnenlichts und anderer Strahlen, unter dem Einfluß der elektrischen Ströme, durch hohen Druck, Kälteeinwirkung sind Methoden, die in der Praxis kaum Verwendung finden. Hier kommen fast nur die thermischen Einwirkungen in Frage, und zwar in Form

von trockener Hitze
(Verbrennung);
von feuchter Hitze
a) durch Auskochen im Wasser,
b) im strömenden ungespannten Dampf,
c) im gespannten Dampf.

1. Was nun zunächst die Austrocknung anbetrifft, die wieder von der Verwendung des Materials, an das die Keime angetrocknet waren, von der Dicke der auszutrocknenden Schicht, von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, von der Luftbewegung und dem Temperaturgrad abhängig ist, so bestehen über diese Art der Desinfektion die mannigfachsten Angaben.

Die Austrocknung kann ihrem Grade nach eine sehr verschiedene sein. Scheinbar trockener Staub kann immer noch gewisse Mengen hygroskopisch gebundener Feuchtigkeit enthalten; dies ist besonders der Fall,

wenn es sich um eiweiß- oder muzinreiche Materialien (Auswurf) handelt. Gröbere Staubpartikelchen können in ihrem Innern, besonders bei rascher scharfer Trocknung noch lebende Keime aufweisen, die durch die äußere Kruste geschützt, der Austrocknung widerstanden. Allerdings sind solche Partikelchen zu schwer, um durch die Luft aufwärts bewegt zu werden und schwebefähig zu sein. Dünn aufgetragene Schicht, die auf rauher abschilfernder Unterlage der Austrocknung ausgesetzt wird, gibt flugfähigen Staub, der je nach der Feinheit der Partikelchen in ruhiger Zimmerluft länger als 4 Stunden sich schwebend erhalten kann. Von den Bakterien, die infolge Austrocknung sehr rasch zugrunde gehen, seien hier genannt der Gonokokkus, der Influenzabazillus, der Pestbazillus und der Meningokokkus. Aber schon manche vegetativen Formen der Bakterien (z. B. Eiterkokken, Typhus- und Tuberkelbazillen) sind gegen Austrocknung sehr widerstandsfähig, und in noch viel höherem Grade gilt dies für die durch ihre undurchgängige Hülle geschützten Sporen der Bakterien, Schimmel- und Sproßpilze, sowie für die enzystierten Formen mancher Protozoen.

2. In der Natur beruht die Abtötung aber nicht nur auf einer Wirkung durch Austrocknung, sondern die desinfizierende Wirkung des Lichts spielt dabei eine große Rolle. Der von Buchner ausgeführte sehr anschauliche Versuch sei hier wiedergegeben.

Der verflüssigte, auf 40° C abgekühlte Agar wird mit Keimen beimpft, gut durchgeschüttelt und in Platten verteilt. Ein schwarzes Kreuz oder Buchstaben usw. werden auf der Unterfläche fixiert; die untere Fläche wird nun mit dem Kreuz nach oben gedreht und 1 Stunde dem direkten Sonnenlicht oder 5 Stunden dem diffusen Tageslicht ausgesetzt. Nach 24stündiger Bebrütung bei 37° C erkennt man, daß dort, wo das Kreuz usw. aufgeklebt war, die Bakterien ausgekeimt sind, während die Umgebung vollkommen steril geblieben ist. Eine deutliche Entwicklungshemmung lassen schon jene Platten erkennen, die nur 10 Minuten lang dem Licht ausgesetzt gewesen sind.

Eine nachträgliche Beimpfung vorher belichteter Nährböden zeigt, daß die Entwicklung gestört ist oder ganz ausbleibt. Wahrscheinlich bilden sich durch die Belichtung keimschädigende Stoffe (H_2O_2 und auch Peroxyde) oder hydrolytische Spaltungen des Bakterieneiweißes. Nach Buchner wirkt das Sonnenlicht im Flußwasser bis zu einer Tiefe von 1,6 m ungeschwächt und bis zu 3 m Tiefe noch eben merklich. Aus den Untersuchungen, bei denen das Sonnenlicht im Spektrum zerlegt und die Wirkung der verschiedenen Strahlen auf Bakterien studiert wird, geht hervor, daß das kurzwellige, in hervorragendem Maße gerade das ultraviolette Licht im Gegensatz zu den hellen roten und gelben Strahlen, die wenig oder gar nicht wirksam sind, eine starke Schädigung für Bakterien und das Protoplasma pflanzlicher Mikroorganismen und Zellen besitzt. Durch die späteren Untersuchungen von Finsen, der das Sonnenlicht nicht durch ein gewöhnliches Glasprisma, sondern ein für kurzwelliges Licht durchlässiges Quarzprisma zerlegte, gewannen die ultravioletten Strahlen noch mehr an Bedeutung. Sie werden durch Funkenentladung hochgespannter Induktionsströme erzeugt. Auf diesem Prinzip beruhen die für die Wassersterilisation angewendeten Quecksilberdampflampen. Ähnliche abtötende Wirkungen zeigte das von Schwefelstrontium ausgestrahlte Phosphoreszenslicht, aber wegen seiner geringen Intensität erst nach 7—8stündiger Bestrahlungsdauer.

Die mikrobizide Wirkung des Lichtes kann in Lösungen fluoreszierender Farbstoffe (Erythrosin, Eosin, Fluoreszeïn) gewaltig gesteigert werden, wie die Versuche von Tappeiner bei Infusorien und Bakterien gezeigt haben. Selbst gelbe sonst unwirksame Strahlen können aktiviert werden;

rote Strahlen bleiben dagegen unwirksam. Ob es sich hier um eine Sensibilisierung, wie wir sie in der photographischen Technik kennen, handelt, wo durch die Verwendung obiger Farbstoffe die sonst unwirksamen weniger brauchbaren Strahlen zur Adsorption und photochemischen Wirkung in der Platte befähigt werden, ist noch zweifelhaft. Nach Tappeiner kommt die photodynamische Wirkung gegenüber Bakterien nur fluoreszierenden Stoffen zu, sie ist auch an die Gegenwart freien Sauerstoffes gebunden.

Es ergeben sich aus der Erkennung der bakteriziden Wirkung des Lichtes die praktischen Folgerungen, daß die Krankheitserreger sich überall am längsten dort halten, wo sie dem direkten Sonnenlicht nicht ausgesetzt sind (in dunklen Ecken, im Innern von Wäschebündeln usw.). In Klimaten mit guter energischer Sonnenwirkung läßt sich daher von der Sonnendesinfektion praktisch Gebrauch machen, auch wenn man bedenkt, daß sie sich nur auf die Oberflächen der Objekte beschränkt.

Elektrisches Bogenlicht wirkt ebenfalls, aber bedeutend langsamer als die direkte Besonnung abtötend auf Bakterien. Nach Bang werden Tuberkelbazillen und pyogene Staphylokokken getötet, wenn sie 6 Minuten einer Bogenlampe von 30 Ampère in 30 cm Entfernung ausgesetzt werden. Eine intensivere Wirkung konnte er noch mit Eisenlicht erzielen. Nach Chatin und Nicolaou, die nebeneinander in Parallelversuchen die Kohlenbogenlicht- und die Eisenlichtlampe auf mit Bakterien beschickte Nährböden wirken ließen, ergab sich als Abtötungszeit:

	Eisenelektrode	gewöhnliche Kohle
bei Staphyl. aur.	12 Sekunden	4 Minuten
„ Bac. pyocyaneus	12 „	3 „
„ Bact. coli	25 „	5 „
„ Diphtheriebazillen	15 „	4 „
„ Tuberkelbazillen	25 „	3½ „
„ Bac. anthracis mit Sporen . . .	1 „	4½ „

Die durch das Licht hervorgerufene Wärmewirkung, die von manchen Autoren als unterstützendes Moment für die Abtötung angegeben ist, spielt gar keine Rolle.

Von anderen Formen strahlender Energie sind vor allem die Kathodenstrahlen zu erwähnen, die nach Pauli, Pauli u. Kliewe eine sehr energische keimtötende Wirkung entfalten, freilich nur auf einer Reichweite von wenigen Zentimetern, jenseits welcher diese Strahlen absorbiert werden.

Die Röntgenstrahlen haben nach Rieder Cholera-, Prodigiosus- und Kolibazillen in 2—3 Stunden abgetötet, wenn die oberflächlich besäte Platte (Agar) in 10 bis 12 cm Entfernung sich von der Röntgenröhre befand. Vollentwickelte Kulturen ließen sich nicht abtöten. Auch hier scheint die Wirkung der Röntgenstrahlen in therapeutischer Hinsicht nicht auf einer Abtötung der Bakterien, sondern auf einem durch Herbeiführung eines Gewebsreizes bedingten Prozeß zu beruhen.

Fast ebenso unwirksam verhalten sich die Radiumstrahlen. Frisch angelegte Kulturen unmittelbar durch Radiumpräparate bestrahlt, wurden in ihrer Entwicklung gehemmt und weiterhin abgetötet. Je näher das Präparat den Keimen war, desto rascher erfolgte die Abtötung, bei 10 mm Entfernung in 48 Stunden, bei 2 mm Entfernung in 9 Stunden, bei 3—5 mm Entfernung in 5—6 Stunden (Pfeiffer u. Friedberger mit Bact. typhi, Scholtz mit Typhusbazillen und Staphylokokken). Die Menge des wirkenden Präparates spielt auch für die Intensität der Wirkung eine Rolle. Milzbrandsporen wurden bei einer Entfernung von 3—4 mm von der wirksamen Substanz in 30 Stunden abgetötet.

Die Prüfung der gasförmigen Emanation auf Bakterien, die in der Weise gemacht wurde, daß man die Kultur nicht unmittelbar der Bestrahlung aussetzte, sondern emanationshaltige Luft über sie hinwegleitete, ergab, daß das Keimtötungsvermögen der Emanation nicht sehr erheblich ist. Bei 1stündiger Einwirkung solcher Luft von 345 Macheeinheiten war z. B. Bact. prodigiosum abgetötet.

3. Elektrische Ströme und Entladungen wirken nicht direkt auf Bakterien schädigend. Indirekte schädigende Wirkungen durch elektrolytische Prozesse, Ozonentwicklung, Erwärmung usw. sind beschrieben.

4. Drucksteigerungen selbst bis zu 1000 Atmosphären und mehr schädigen die Bakterien nicht.

5. Auch die Kältewirkung, selbst bis zu so niedrigen Temperaturen (— 190°) wie derjenigen der flüssigen Luft, ist gegenüber den meisten Bakterien fast wirkungslos. Sie verharren in einem Zustand latenten Lebens und vermögen, anstatt langsam zugrunde zu gehen, ihre Virulenz gut zu erhalten.

6. Während somit allen bisher besprochenen physikalischen Agentien für die praktische Desinfektion nur eine untergeordnete Rolle beizumessen ist, muß noch ein physikalischer Faktor, der heutzutage eine Hauptrolle in der gesamten Desinfektionspraxis spielt und dem die mächtigste keimschädigende Wirkung zukommt, des ausführlicheren besprochen werden, die Einwirkung durch Hitze.

Wie bekannt, verlangen die Bakterien zur Entfaltung ihrer Lebensäußerungen eine bestimmte Temperatur. Die oberste Grenze, die für das Wachstum derselben noch möglich ist, bezeichnet man als Temperaturmaximum (bei pathogenen Arten fast nie über 42° C), die niederste als Temperaturminimum (nicht unter 3° C). Zwischen diesen beiden angeführten Temperaturen liegt das Temperaturoptimum. Eine Erhöhung der Temperatur über das Optimum verlangsamt, und ein Weitergehen über das Temperaturmaximum hinaus zerstört das Leben der Mikroorganismen infolge Überhandnehmens der Selbstzersetzungsvorgänge im lebenden Plasma vollkommen.

a) Das einfachste Verfahren in Form der trockenen Hitze zur Zerstörung aller organischen Substanz ist die vollständige Verbrennung des zu desinfizierenden Materials. Jedoch ist ihre Anwendung nur eine beschränkte bei wertlosen Gegenständen (Lumpen, Spielzeug, Strohsäcken usw.). Unverbrennbare Gegenstände, z. B. solche aus Eisen, können dagegen ohne Schädigung im offenen Feuer von anhaftenden infektiösen Keimen befreit werden.

Vom Abflammen macht man in den Laboratorien zur Sterilisation von Instrumenten eventuell nach Eintauchen in Alkohol Gebrauch; ferner werden bei der praktischen Desinfektion speziell der Ungezieferbekämpfung Wände, dunkle Ecken in Kellern mit Lötlampen oder ähnlichen starken Heizquellen abgeflammt.

Die Anwendung der trockenen Hitze verbietet sich im allgemeinen aus dem Grunde, weil man zu sehr hohen Temperaturen (140° C) greifen und diese zur Erzielung einer sicheren Desinfektionswirkung stundenlang einwirken lassen muß. Manche Gegenstände, aus tierischen und pflanzlichen Fasern hergestellt, vertragen solche hohen Erwärmungsgrade nicht ohne tiefergreifende Schädigung.

Zur Desinfektion von Büchern, militärischen Ausrüstungsgegenständen und Lederwaren erwiesen sich schon Temperaturen zwischen 70—90° C wirksam, und zwar bei einer Einwirkungsdauer von 16—24 Stunden bei Büchern, bei anderen Objekten von 48 Stunden, eine für die praktische Anwendung, die infolge der langen Heizdauer und öfteren Kontrolle kostspielig ist, außerordentlich lange Zeit. Für die Entlausung kommt man mit wesentlich geringeren Temperaturen und kürzeren Einwirkungszeiten aus, da die Kleiderläuse und ihre Larven

bei 45° in 3 Stunden
bei 60° in 20 Minuten
bei 80° in 15 Minuten

absterben.

Durch bewegte trockene Luft wird die Eindringungsdauer in die Objekte wesentlich abgekürzt. Mit stark bewegter Luft arbeitet der Vondransche Heißluftapparat, bei dem die Luft, die in einem Heißluftschacht durch einen Kohlenofen oder

Fig. 3. Vondran-Sterilisierapparat geöffnet, beschickt mit zu sterilisierenden Gegenständen.

auf elektrischem Wege erhitzt ist, mit hoher Geschwindigkeit (1,3 m in der Sekunde) durch einen Ventilator in die Kammer eingeleitet und oben entnommen und wieder durch die Heizung getrieben wird (s. Fig. 3). Es kommt also stets Luft von gleicher Temperatur mit den Objekten in innigste Berührung. Je voller der Apparat bepackt ist, um so energischer wirkt die Heißluft auf alle Flächen der Objekte. Pelze, Leder, Plüsch und Samt

werden durch bewegte heiße Luft von 90° C, Felle und Leder auch bei 150° nicht geschädigt. Gesagt muß werden, daß Typhusbazillen und Staphylokokken an Seidenfäden verteilt in den Objekten bei 94—98° C nach 3stündiger Einwirkung nicht abgetötet waren, während 2stündige Behandlung mit 150° C heißer Luft Milzbrandsporen selbst in Wattepaketen abgetötet hat.

In den Laboratorien hat die praktische Anwendung von heißer Luft zur Sterilisation von Glas, Porzellan usw. Anwendung gefunden. Eine ½stündige Einwirkung von 160° C ist meist genügend. Der dazu verwandte Apparat ist ein doppelmanteliger, aus Eisen oder Kupfer hergestellter, gewöhnlich mit Gasheizung versehener Heißluftschrank.

Zur Prüfung der Wirkung der trockenen Wärme werden die an einem sich rasch erwärmenden Keimträger angetrockneten Keime bestimmte Zeit einem Luftstrom von gleichbleibender Temperatur ausgesetzt. Weniger empfiehlt es sich, die Testobjekte in Trockenschränken auszulegen, da die Wärmeleitung von der Unterlage aus das Ergebnis ändern kann. Es sei hier eine Tabelle von Lange wiedergegeben, die die Abtötungszeiten verschiedener mit Bouillon abgeschwemmter und an Leinwandstückchen während 2—3 Stunden angetrockneter, in sterile Filtrierpapierbeutel eingelegter Bakterienproben in Trockenschränken von verschiedenen Temperaturen wiedergibt.

bei	60° C	80° C	100° C	110° C	120° C	140° C	150° C	170° C
Choleravibrio . .	1 Std.	15 Min.	10 Min.	—	—	—	—	—
Ruhrbazillen . .	—	2 Std.	30 Min.	15 Min.	10 Min.	—	—	—
Diphtheriebazill.	—	2 Std.	30 Min.	30 Min.	20 Min.	10 Min.	—	—
Typhusbazillen .	—	—	2 Std.	1 Std.	20 Min.	10 Min.	—	—
Kolibazillen . .	—	—	2 Std.	30 Min.	30 Min.	10 Min.	—	—
Staphylokokken	—	—	—	1-2 Std.	30 Min.	15 Min.	10 Min.	—
Milzbrandsporen	—	—	—	—	2 Std.	1 Std.	30 Min.	10 Min.

b) Feuchte Hitze wirkt bedeutend intensiver schädigend auf die Bakterien, aber auch auf empfindliche Gegenstände. Ihre Anwendung kann in Form von warmem, heißem oder kochendem Wasser oder von gesättigtem strömenden oder von gespanntem Dampf erfolgen. Nicht-sporenbildende Bakterien, also die meisten Krankheitserreger, werden schon durch warmes oder heißes Wasser unter 100° C abgetötet. Die Prüfung der Wirksamkeit geschieht in einfacher Weise. Man setzt die mit Bakterien beimpften Bouillonröhrchen in das heiße Wasserbad. Der genaue Zeitpunkt des Eintauchens wird notiert, nach genau festgelegten Zeiten nimmt man je 1 Röhrchen heraus und sät dann in Agar aus, der in den Brutschrank gesetzt wird. Nach 24 Stunden wird das Bakterienwachstum im Agar kontrolliert. Der Versuch leidet an einer Ungenauigkeit, die durch die Zeit des Anwärmens der Bouillonröhrchen bis auf die gewählte Temperatur hervorgerufen ist. Für ganz exakte Versuche wählt man besser die Methodik von W. Patzschke.

In ein gut auf bestimmte Temperatur eingestelltes Wasserbad werden Zentrifugenröhrchen so eingesetzt, daß ihr Inhalt (destilliertes Wasser) wesentlich tiefer steht, als der Wasserbadspiegel. Ein besonderes Thermometer gibt die Temperatur des destillierten Wassers in den Röhrchen an. In eine gleichmäßig aufgeschwemmte Bakterienkultur (in 5 ccm oder mehr NaCl-Lösung) werden Filtrierpapierstreifen von 10 cm Länge und 1 cm Breite 1 cm tief getaucht, dann in eines der genannten Röhrchen, ohne die Glaswand zu berühren, gesenkt. Nach Ablauf der bestimmten Zeit wird der Streifen herausgenommen, das infizierte Ende abgetrennt und in geeignete Nährflüssigkeit übertragen. Zur Durchführung des Versuches sind mehrere Streifen einzulegen, die nach verschiedenen Zeiten in Abständen in der eben beschriebenen Weise weiter bearbeitet werden.

Durch Auskochen in Wasser werden in ca. 4—10 Minuten die meisten Bakterienarten, auch Milzbrandsporen, gewöhnlich schon nach 1—2 Minuten abgetötet. Zur Desinfektion von Eß- und Trinkgeschirren eignet sich dieses einfache und billige Verfahren ausgezeichnet. Die zu desinfizierenden Gegenstände sollen mit kaltem Wasser angesetzt werden, von der Kochflüssigkeit vollständig bedeckt sein und vom Beginn des Kochens ab mindestens ¼ Stunde im Sieden erhalten werden. Die Desinfektionswirkung wird durch Sodazusatz (etwa 2%) beträchtlich erhöht.

Der strömende Wasserdampf ist ein bewährtes Desinfektionsmittel, das schon vom Zeitpunkt der Erreichung der Siedehitze in ½ Stunde Keimfreiheit bewirkt. Bei dichteren Stoffen in größeren Packungen und in Flüssigkeiten rechnet man zur Keimfreimachung ¾—1 Stunde. Eine Vorbedingung ist es, daß der betreffende Dampf gesättigt ist, d. h. daß er frei von Luftbeimengungen ist und die für die betreffende Temperatur höchste Spannung (Tension) erreicht. Je gesättigter der Wasserdampf, um so wirksamer ist er.

Die Dampfentwicklung erfolgt in besonders konstruierten Apparaten, und zwar entweder so, daß der sich bildende Wasserdampf ungehemmt aus dem Apparat ins Freie weichen kann bzw. kondensiert wird (strömender Dampf) oder daß der Dampf einen geschlossenen Apparat vorfindet, den er nur durch ein besonderes Ventil verlassen kann (gespannter Dampf). Hier herrscht also ein gewisser Überdruck.

In den Laboratorien wird allgemein der Kochsche Dampftopf angewendet, der mit strömendem, nahezu gesättigtem Dampf arbeitet.

Eine Steigerung der Desinfektionskraft läßt sich durch die Spannung des gesättigten Dampfes erreichen. Mit der Spannung des gesättigten Dampfes steigt auch die Temperatur. Nachstehende Tabelle, die diesen Vorgang demonstrieren soll, ist der Arbeit von Prausnitz, in Friedberger und Pfeiffers Lehrbuch der Mikrobiologie (Verlag Gustav Fischer, Jena 1919) entlehnt.

Gesättigter	Dampf	von	1	Atm.	besitzt	eine	Temperatur	von	100° C
„	„	„	1,1	„	„	„	„	„	102,7° C
„	„	„	1,2	„	„	„	„	„	105,2° C
„	„	„	1,3	„	„	„	„	„	107,5° C
„	„	„	1,4	„	„	„	„	„	109,7° C
„	„	„	1,5	„	„	„	„	„	111,7° C
„	„	„	1,6	„	„	„	„	„	113,7° C
„	„	„	1,7	„	„	„	„	„	115,5° C
„	„	„	1,8	„	„	„	„	„	117,3° C
„	„	„	1,9	„	„	„	„	„	119,0° C
„	„	„	2,0	„	„	„	„	„	120,6° C
„	„	„	3,0	„	„	„	„	„	133,9° C
„	„	„	4,0	„	„	„	„	„	144,0° C

Die widerstandsfähigsten Sporen gewisser Saprophyten (Erd- und Kartoffelbazillen), die im ungespannten Dampf von 100° C 16 Stunden standzuhalten vermögen, gehen im gespannten Dampf rasch zugrunde (105—110° C in 2—4 Stunden, bei 115° C in 30—60 Minuten, bei 120° C in 5—15 Minuten, bei 140° C in 1 Minute). Für die Praxis der Desinfektion hat man sich dieses Verfahren besonders zunutze gemacht. Man verwendet in den Desinfektionsapparaten meist nicht heiße Luft, sondern Wasserdampf, am besten mit einem geringen Überdruck von etwa 0,2 Atmosphären und vermeidet im Betriebe der Apparate jede Überhitzung des Dampfes und Luftbeimengung. Für einen Apparat mit Überdruck, also

stärker gespanntem Dampf, verwendet man in Laboratorien und chirurgischen Kliniken den Autoklaven, der für einen Druck von 2—3 Atm. (entsprechend einem Überdruck von 1—2 Atm.) gebaut sein muß. Ein solcher Apparat braucht zur Desinfektion der eingelegten Gegenstände eine bedeutend kürzere Zeit als Apparate mit nicht gespanntem strömenden Dampf. Auch hat man hier die Sicherheit, daß auch widerstandsfähigere Keime, wie Tetanussporen, abgetötet werden.

Läßt man, um eine noch höhere Temperatur des Dampfes zu erzielen, gewöhnlichen Wasserdampf von 100° C durch stark erhitzte Metallrohre gehen, die eine viel höhere Temperatur als der Dampf selbst besitzen, der in den Desinfektionsraum geleitet wird, so erhält man den „überhitzten" Dampf, der nach den Untersuchungen von v. Esmarch eine geringere desinfektorische Wirkung aufweist als der gesättigte Dampf von 100° C. Bei 120—130° C erreichte der Wirkungsgrad den tiefsten Stand, um bei 150—200° C wieder zur ursprünglichen Höhe anzusteigen.

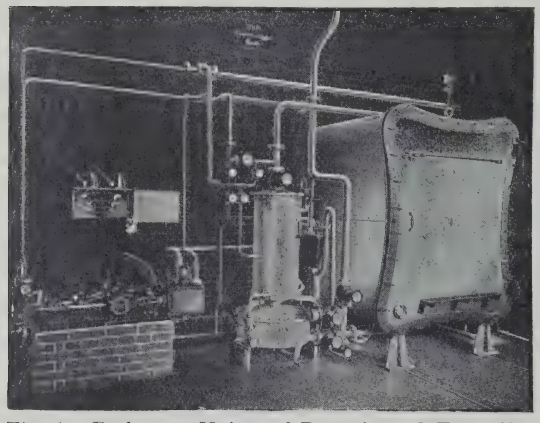


Fig. 4. Rubners Universal-Dampf- und Formalin-Desinfektionsapparat. (System Lautenschläger.) Aus Prausnitz, Lehrb. d. Mikrobiologie von Friedberger und Pfeiffer, Bd. 1 (Verlag G. Fischer, Jena 1919).

Zuweilen wird auch gesättigter Dampf von niedrigerem Siedepunkt als 100° C (beim Sieden unter negativem Druck), wenn er auch von geringerer desinfektorischer Wirksamkeit als gesättigter Wasserdampf von 100° C ist, wegen seiner schonenden Einwirkung zu manchen Desinfektionszwecken verwendet. Von Rubner wird in besonderen Apparaten durch Zusatz von Formaldehyddämpfen zum Wasserdampf die geringere desinfektorische Wirksamkeit solchen Dampfes von niedrigerem Siedepunkte ausgeglichen (kombinierte physikalisch-chemische Desinfektion) (s. Fig. 4).

Der von Rubner konstruierte Apparat trägt den Namen Universal-Dampf- und Formalindesinfektionsapparat, weil er neben der gewöhnlichen Desinfektionsmethode nicht gesättigten Wasserdampf bei 100 oder 110° C auch die Formalindesinfektion bei 55° zuläßt. Das System Rubner stellt eine ganz normale Dampfdesinfektion, jedoch mit herabgesetztem Druck und diesem entsprechender Temperatur dar. Man arbeitet mit einem Vakuum von 600 mm Quecksilbersäule und leitet von oben den aus einer 8%igen Formalinlösung indirekt entwickelten Formalindampf in den Apparat ein. Die Luft wird aus den Objekten und dem Apparat verdrängt, und so erreicht man, daß der Formalindampf ebenso in die innersten Teile der Objekte eindringt wie der gesättigte gespannte Wasserdampf bei der Dampfdesinfektion. Das verwendete Formalin wird nach der Desinfektion aufgefangen und kann wieder verwendet werden. Durch diese Maßnahme werden die Betriebskosten einer Formalindesinfektion erheblich herabgesetzt.

Die elektivere Wirkung der feuchten Hitze im Gegensatz zur trockenen heißen Luft beruht nicht allein auf einer vor sich gegangenen Veränderung des Protoplasmas der Bakterienzelle, sondern in erster Linie auf physikalischen Momenten. Während die trockene heiße Luft nur höchst mangelhaft

bis in das Innere der zu desinfizierenden porösen Objekte eindringt, wird bei Verwendung des Dampfes die Luft aus allen Poren des Desinfektionsobjektes rasch und sicher ausgepreßt und somit ein sicheres Eindringen des Dampfes in alle Hohlräume gewährleistet. Eine Begünstigung dieses Prozesses läßt sich an den Desinfektionsapparaten dadurch herbeiführen, daß man die Einströmungsöffnung für den Dampf nach oben und die Abströmungsöffnung nach unten verlegt, da das spezifische Gewicht der Luft ein höheres ist als das des Wasserdampfes. Auf diese Weise kann der von oben einströmende Dampf die schwere Luft, ohne sich mit ihr zu vermengen, möglichst schnell herausdrücken.

Spezifisches Gewicht für Luft und Dampf.

Luft:

1 cbm Luft wiegt bei 0° C und 760 mm Barometerstand 1,293 kg.

Dampf:

Bei	1	Atm.	absol.	Druck	hat	Dampf	bei	99,1° C	das	spez.	Gew.	von	0,5807 kg
„	1,1	„	„	„	„	„	„	100° C	„	„	„	„	0,6349 „
„	1,5	„	„	„	„	„	„	110° C	„	„	„	„	0,8484 „
„	2	„	„	„	„	„	„	119,6° C	„	„	„	„	1,1104 „
„	3	„	„	„	„	„	„	132,8° C	„	„	„	„	1,6224 „
„	4	„	„	„	„	„	„	142,8° C	„	„	„	„	2,1239 „
„	5	„	„	„	„	„	„	151° C	„	„	„	„	2,6177 „
„	6	„	„	„	„	„	„	157° C	„	„	„	„	3,1058 „
„	7	„	„	„	„	„	„	164° C	„	„	„	„	3,5891 „
„	8	„	„	„	„	„	„	169,5° C	„	„	„	„	4,0683 „
„	9	„	„	„	„	„	„	174,4° C	„	„	„	„	4,5448 „
„	10	„	„	„	„	„	„	178,9° C	„	„	„	„	5,018 „

Als zweites wirksames Moment kommt hinzu die Kondensation des Dampfes zu Wasser (hygroskopische Kondensation), die bis in das Innere des Desinfektionsobjektes fortschreiten muß. Sie geht nach Rubner der thermischen Kondensation voraus. Je permeabler ein Stoff ist, je weiter seine Poren sind, desto leichter wird durch die „Penetrationskraft" der Dampf eintreten können. Bei der Kondensation entsteht in den Poren ein Vakuum, nach dem neuer Dampf energisch hinströmt. Je rascher und sicherer die vorhandene Luft aus den Poren durch den Dampf verdrängt wird, um so eher und besser wird das gewünschte Ergebnis der Desinfektion eintreten (Rubner).

Für die Dampfdesinfektion sind eine Reihe von Desinfektionsapparaten konstruiert worden, fahrbare, stabile, runde und quadratische, resp. rechteckige (s. Fig. 5 u. 6).

Der Apparat von Lümkemann in Dortmund ist folgendermaßen eingerichtet. Der in einem nur durch ein Rohr mit dem eigentlichen Desinfektionsraum in Verbindung stehende Ofen entwickelte Wasserdampf wird in den Desinfektionsraum oben eingeleitet. Luft und Kondensationswasser fließen unten ab. Der Desinfektionsapparat, der ganz aus Eisenblech hergestellt ist, enthält ein ausziehbares Gestell, das zum Aufhängen der zu desinfizierenden Gegenstände dient. An einem Thermometer kann man die im Innern des Apparates vorhandene Temperatur außen ablesen. Durch Dampfkessel, bzw. Anschließung an einen Dampfkessel kann jederzeit der Dampferzeuger ersetzt werden.

Der Thursfieldsche Desinfektionsofen besteht aus einem horizontal gelagerten Zylinder (bis 1,5 m Durchmesser) und enthält außen einen Blechmantel in einem Abstand von 3—19 cm. Der tiefste Teil des Mantelraumes enthält das Wasser, darunter liegt die Feuerung. Der sich entwickelnde Dampf steigt in dem Blechmantel hoch, um von oben mittels Öffnungen in das Innere des Zylinders zu strömen. Die Abströmungsöffnungen für den Dampf sind unten angebracht. Durch Schrauben usw. wird ein sicherer Verschluß des Apparates gewährleistet. Durch die nach dem Anheizen und vor dem Einströmen des Dampfes erfolgende Durchwärmung des Apparates und der Objekte wird eine Kon-

densation des Dampfes und somit eine Beschädigung der eingehängten Gegenstände verhindert.

Größere Apparate von 2—3 cbm Innenraum von quadratischem oder rechtwinkligem Querschnitt finden sich in den Dampfdesinfektionsanstalten. Sie sind stets an einen großen Dampfkessel angeschlossen. Man unterscheidet bei der Bedienung eines modernen Dampfapparates 1. die Vorwärmung der Gegenstände, 2. den eigentlichen Desinfektionsprozeß,

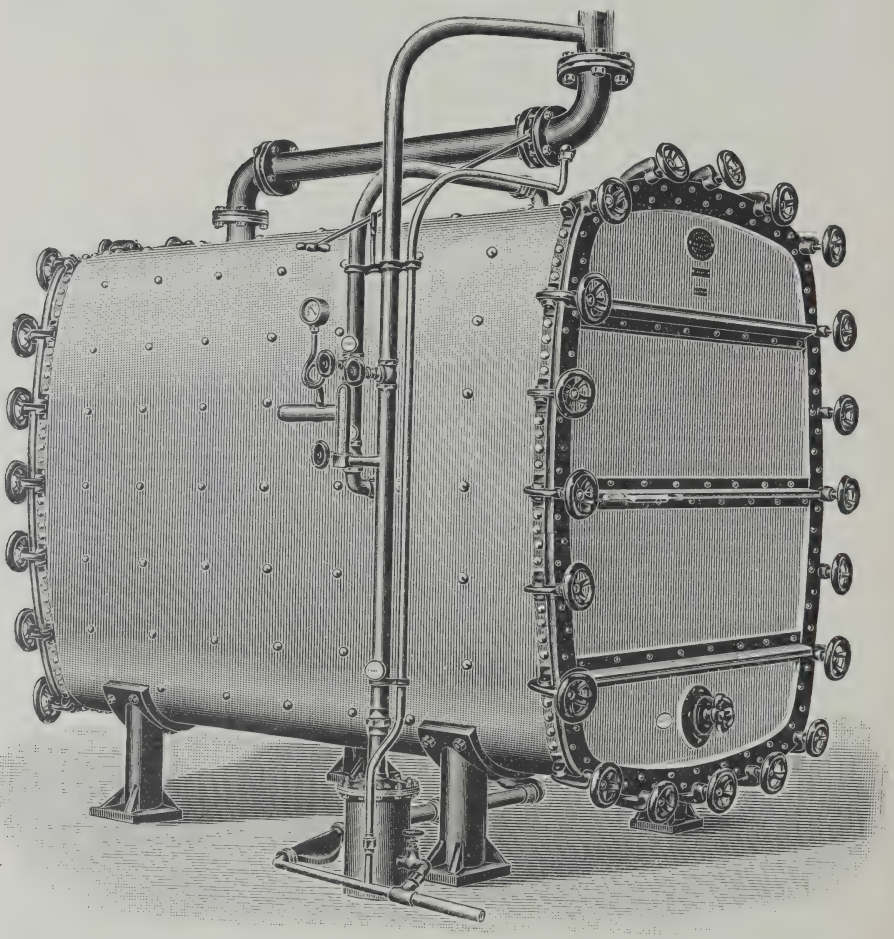


Fig. 5. Ovaler Desinfektionsapparat mit Dampfmantel und Anschluß an eine separate Dampfquelle. Seitenansicht. Deutsche Desinfektions-Zentrale, 2. Aufl., Berlin.

3. die Nachtrocknung der Gegenstände. Die Vorwärmung, die die Bildung von Kondenswasser vermeiden soll, geschieht dadurch, daß man den Dampf zunächst „indirekt" in den in dem Apparat befindlichen Rippenheizrohren oder in einen Doppelmantel strömen läßt, bis eine Temperatur von 60—70° C im Innern des Apparates erreicht ist. Dann erst wird direkt der Dampf in den inneren eigentlichen Desinfektionsraum von oben nach unten, zunächst bei geöffneter Dampfabzugsklappe eingeleitet. Sie wird erst geschlossen, wenn das Thermometer im Dampfabzugsrohr am Boden

des Apparates einige Minuten 100° C anzeigt. Dann beginnt der eigentliche Desinfektionsprozeß. Nach der Konstruktion des Apparates, der Dicke der Gegenstände und der Dichte der Packung richtet sich die Eindringungsdauer des Dampfes (½—1 Stunde). Die Nachwärmung resp. Nachtrocknung der desinfizierten Gegenstände erfolgt in der gleichen Weise

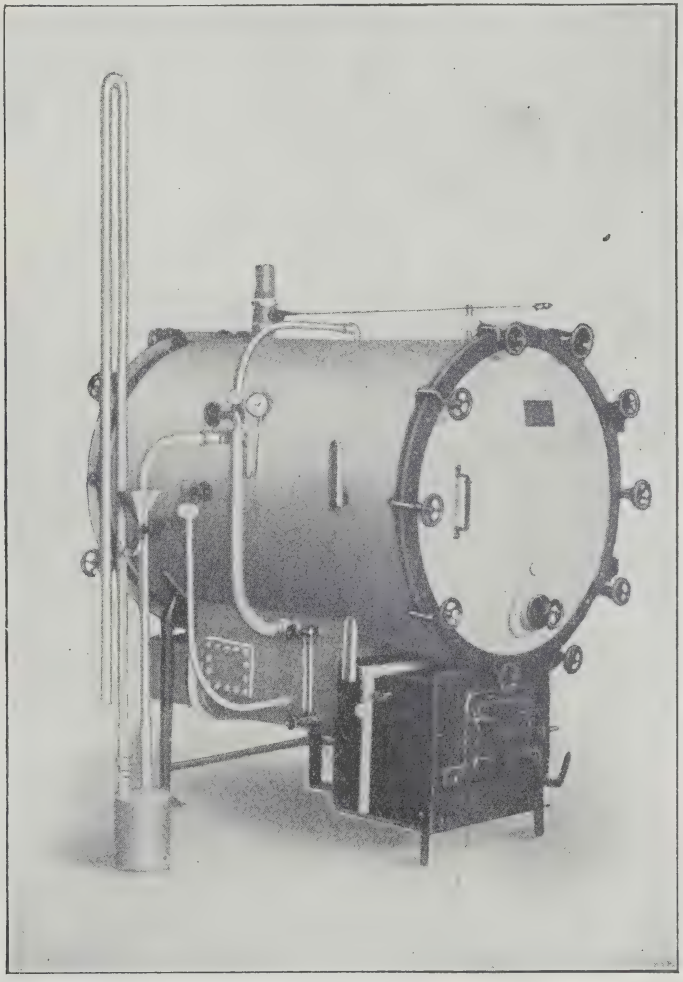


Fig. 6. Runder Desinfektionsapparat mit Dampfmantel und direkter Unterfeuerung. (Reine Seite.) Deutsche Desinfektions-Zentrale, 2. Aufl., Berlin.

wie die Vorwärmung, aber unter gleichzeitiger Öffnung der Ventilationsklappen (Hersteller derartiger Apparate sind die Firmen Schimmel & Co. in Chemnitz, Rietschel & Henneberg in Berlin S., Rohrbeck in Berlin, Lautenschläger in Berlin).

Eine Dampfdesinfektionsanstalt zerfällt in 2 Hauptteile, in die sogenannte unreine Seite, in der die zu desinfizierenden Gegenstände angefahren werden und in die sogenannte reine Seite, wo die desinfizierten

Gegenstände bis zur Fortschaffung aufbewahrt werden. Zwischen den beiden Seiten ist zweckmäßig noch ein Baderaum eingeschaltet. Der Apparat selbst ist so in der Anstalt aufgestellt, daß die eine Öffnung desselben in die reine, die andere Öffnung in die unreine Seite hineinragt. Beide Seiten sind durch eine feste Wand voneinander getrennt. Um ein Übertragen von Keimen von der unreinen zur reinen Seite zu verhindern, ist es am ratsamsten, für beide Seiten getrenntes Personal zu verwenden, das sich durch ein Sprachrohr oder Telephon verständigen kann.

Fast alle beschriebenen Apparate arbeiten mit $^1/_{10}$ Atmosphären Überdruck, da erfahrungsgemäß die Mikroorganismen rascher abgetötet werden als bei genau 100° C. Jeder Desinfektionsofen ist vor der praktischen Benutzung auf seine Leistungsfähigkeit hin zu prüfen. Weiter ist eine Gebrauchsanweisung für den Heizer aufzustellen, wo er sich über die Handhabung der Desinfektion und die Einrichtung des Apparates resp. der Anlage orientieren kann.

Prüfung der Desinfektionsapparate.

Jeder brauchbare Desinfektionsapparat muß die Forderung erfüllen, daß Milzbrandsporen in jedem Teile des Apparates sicher abgetötet werden. An Stelle der bakteriologischen Prüfung genügt auch eine rein physikalische Untersuchung mittels Maximumthermometern, die an allen Stellen des Apparates und auch innerhalb des Desinfektionsgutes mindestens 99 bis 100° C anzeigen müssen. Apparate, die bei dieser fundamentalen Prüfung keine einwandfreien Resultate geben, sind als unbrauchbar zu betrachten.

Weiter hat man sich darüber Gewißheit zu verschaffen, ob und nach welcher Zeit in allen Teilen des Apparates und innerhalb der eingelegten Gegenstände die gewünschte Temperatur vorhanden ist (Eindringungsdauer), gerechnet von dem Momente an, wo das Thermometer im Dampfabströmungsrohr 100° C zeigt (bei 760 mm Barometerstand). Höhergelegene Orte haben normalerweise wesentlich niedrigeren Barometerstand. Es siedet das Wasser

bei	100° C,	wenn	Barometer	760	mm	zeigt
„	99,63° C,	„	„	750	„	„
„	99,26° C,	„	„	740	„	„
„	98,88° C,	„	„	730	„	„
„	98,49° C,	„	„	720	„	„
„	98,11° C,	„	„	710	„	„
„	97,71° C,	„	„	700	„	„

Die Bestimmung der Anheizungsdauer geschieht durch Beobachtung des Thermometers und für Apparate mit gespanntem Dampf des Manometers. Die Anheizungsdauer darf eine gewisse Zeit ($^3/_4$—1 Stunde) zur Vermeidung eines kostspieligen Betriebes nicht überschreiten.

Die Eindringungsdauer wird nach folgenden Methoden geprüft und bestimmt:

1. Durch Maximalthermometer, die in das Innere der zu desinfizierenden Objekte eingelegt und nach Ablauf der Anheizungsdauer vorsichtig herausgenommen und abgelesen werden. Zeigt das Thermometer 100° C, so kann die betreffende Instruktion des Apparates anerkannt werden. Sonst sind noch eine Reihe von Versuchen, und zwar an verschiedenen Objekten erforderlich, um einen befriedigenden Aufschluß zu erhalten (s. Fig. 7).

2. Durch Jodkleisterstreifen nach v. Mikulicz. Diese Streifen sind folgendermaßen hergestellt: Ein Streifen nicht geleimten Papiers wird an passender Stelle mit der

Aufschrift „sterilisiert" bedruckt. Der bedruckte Teil oder auch der ganze Streifen wird mit 3%igem Stärkekleister dick bestrichen und halb trocken durch eine Jodjodkalilösung (Jod 1, Kali jodati 2,0, Aqu. dest. 100) gezogen. Der Papierstreifen nimmt dann eine dunkelbläulich-schwarze Farbe an, welche die Aufschrift vollkommen verdeckt. Diese Streifen werden in trockener Hitze selbst bei 190° C nicht entfärbt. In strömendem Dampf dagegen tritt durch das Freiwerden des Jods Entfärbung ein; es wird dann die Aufschrift wieder sichtbar, und zwar bei 106—107° C nach 10 Minuten langer Einwirkungszeit. Wird eine Temperatur von 100° C nicht erreicht, so dauert es bis zur Entfärbung eine volle Stunde. Auf eine vollkommene exakte Prüfung kann diese Methode keinen Anspruch erheben, denn die zur Entfärbung notwendige Zeitdauer ist von der Dicke der Jodstärkeschicht abhängig, die nicht in gleichmäßiger Dicke jedesmal hergestellt werden kann (s. Fig. 8).

Fig. 7. Maximalthermometer. Aus Prausnitz, Lehrb. der Mikrobiol. von Friedberger und Pfeiffer, Bd. 1 (Verlag G. Fischer, Jena 1919).

3. Durch Phenanthren-Röhrchen (Sticher) (s. Fig. 9). Sie bestehen aus einem zylindrischen, an beiden Enden zugeschmolzenen Glasröhrchen, das ein wenig Phenanthren, dessen Schmelzpunkt bei 98° C liegt, enthält. Dieses Röhrchen liegt in einem zweiten ebenfalls zugeschmolzenen Glasröhrchen. Der Durchmesser der Röhrchen und der trennenden Luftschicht ist so gewählt, daß 10 Minuten verstreichen müssen, bevor das Phenanthren auf Schmelztemperatur gekommen ist. Die flüssige Masse fließt dann bei aufrechter Stellung zum anderen Pole des Röhrchens. Nach der Kontrollzeit ist das Röhrchen sofort aus dem Desinfektionsofen zu nehmen, um sich davon zu überzeugen, ob überhaupt eine Verflüssigung des Phenanthrens eingetreten war. Diese Sticherschen Röhrchen sind für die fortlaufende Kontrolle eines im Betrieb befindlichen Apparates gut zu verwenden. Sie haben sich als Kontrollapparate bewährt. Andere Substanzen, die sich nach Analogie des Phenanthrens zur Prüfung von Desinfektionsapparaten mit Anwendung höherer Temperaturen eignen, und die demgemäß einen höheren konstanten Schmelzpunkt besitzen müssen, sind Brenzkatechin (104° C) und Resorzin (110° C).

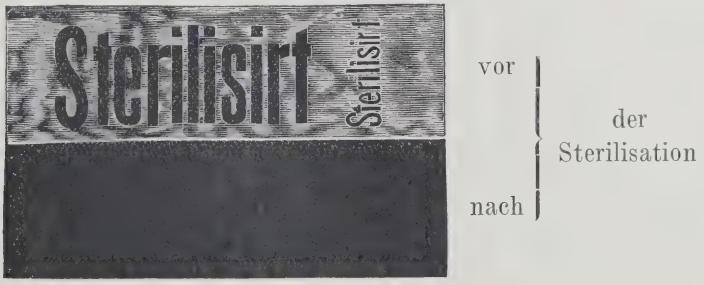


Fig. 8. Kontrollstreifen für Dampfdesinfektionsapparate nach von Mikulicz (Jodstärkekleisterstreifen). Aus Lehrb. d. Mikrobiologie von Friedberger und Pfeiffer, Bd. 1 (Verlag G. Fischer, Jena 1919).

4. Durch Legierungskontaktthermometer (s. Fig. 10). Sie beruhen auf dem Prinzip, daß bei einer Temperatur von 100° C leicht schmelzende Metallstäbchen im Augenblick ihrer Verflüssigung den Stromkreis schließen und eine elektrische Klingel ertönen lassen (Apparate von Mercke & Budde). Als Metallegierung kommen in Frage Blei-Zinn-Wismut. Infolge der öfter

zu wiederholenden umständlichen und zeitraubenden Heizung der Apparate hat man für den allgemeinen Gebrauch davon Abstand genommen. Neuerdings bevorzugt man Kontaktthermometer, die nach dem Maximumsystem konstruiert sind. Es sind die

5. Quecksilber-Skalen Kontaktthermometer (Wolffhügel). In einem Maximumthermometer liegen übereinander 2 Platindrähte, die durch Leitungsdrähte mit einer Klingelbatterie in Verbindung gebracht sind. Bei einer gewissen Temperatur (100° C) erreicht die aufsteigende Quecksilbersäule den oberen Platindraht, und es ertönt dann das Klingelsignal. Das von der Firma Lautenschläger in den Handel gebrachte Kontaktthermometer, bei dem eine beliebige Einstellung des Kontaktes auf verschiedene Temperaturen vorgenommen werden kann (vgl. auch Bd. I dieses Handbuches, S. 407), arbeitet äußerst zuverlässig. Noch exakter als mit den besprochenen Methoden kann man den Grad der Durchwärmung der dem Dampf ausgesetzten Objekte

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 9. Stichersches Röhrchen. Aus Prausnitz, Lehrb. d. Mikrobiologie von Friedberger u. Pfeiffer, Bd. 1 (Verlag G. Fischer, Jena 1919).

Fig. 10. Läutethermometer. Aus Prausnitz, Lehrb. d. Mikrobiologie von Friedberger u. Pfeiffer, Bd. 1 (Verlag G. Fischer, Jena 1919).

6. durch thermoelektrische Elemente feststellen. Sie werden in die Objekte verpackt und durch nach außen geführte Drähte mit Galvanometern usw. verbunden; somit kann man sich jederzeit über die im Innern der Objekte gerade herrschende Temperatur unterrichten. Für eine allgemeine Einführung ist diese Methode zu umständlich und vor allem zu kostspielig.

7. Durch den bakteriologischen Desinfektionsversuch mit Milzbrandsporen. Seidenfäden, an denen Milzbrandsporen angetrocknet sind — sie können von den Kreisärzten in Paketchen von den staatlich-bakteriologischen Instituten bezogen werden —, werden zu 4—5 in zusammengefaltetes Fließpapier nach Art der Medizinpulver eingeschlagen, in sichere Hülsen verpackt, in das Innere der Objekte gelegt und der Wirkung des Dampfes in den Apparaten ausgesetzt. Durch nachträgliche Aussaat auf feste und flüssige Nährböden wird der Desinfektionseffekt kontrolliert. Es empfiehlt sich, mehrere Versuche mit Wechsel der Versuchsbedingungen, z. B. mit einem Bettsack oder einem Kleiderbündel und unter Nachahmung der natürlichen Verhältnisse, anzustellen. Nach dem Ausfall der Versuche ist die Desinfektionsdauer zu bestimmen und eine übersichtliche Instruktion für den Desinfektor auszuarbeiten, die neben dem Apparat aufzuhängen ist.

III. Die chemischen Desinfektionsmittel.

An ein wirklich brauchbares Desinfektionsmittel muß man folgende Anforderungen stellen. Es muß

1. schon bei geringer Konzentration eine starke bakterizide Wirkung aufweisen,
2. keine oder möglichst geringe Beeinträchtigung der Desinfektionswirkung durch fremde Beimengung (z. B. Sublimat durch Eiweißfällung) aufweisen,

3. in der Zusammensetzung konstant,
4. leicht zu beschaffen,
5. billig sein.

Von allen Desinfektionsmitteln muß verlangt werden, daß eine Beschädigung der zu desinfizierenden Objekte ausgeschlossen ist. Unter der Fülle der im Laufe der Jahre hergestellten chemischen Desinfizientien gibt es nur wenige, welche den gestellten Anforderungen entsprechen. Es sollen hier nur die wichtigsten und bewährten chemischen Desinfektionsmittel aufgeführt werden.

1. Schwermetalle.

Einige Metalle und die Metallegierungen, wie Kupfer, Messing, Silber und Gold wirken antibakteriell. Je nach der Beschaffenheit der keimhaltigen Flüssigkeit, in die die erwähnten Metalle gelegt werden, üben diese eine mehr oder minder bakterizide Wirkung aus. Besonders stark wirksam wurden im Nährmedium Kupfer und Zink befunden; unwirksam erwiesen sich fast immer Au, Sn, Pb, Fe, Al, Bi, Pt und Pd. Wie intensiv die antibakterielle Wirkung einzelner Metalle sein kann, zeigt z. B. die oligodynamische Wirkung des Kupfers, die selbst in Verdünnungen von 1 : 50 Millionen sehr deutlich hervortritt. Diese keimtötende Wirkung macht sich noch nach dem Ausgießen aus dem Glasgefäß und mehrfachem Ausspülen desselben bemerkbar.

Von diesem sich in reinem Wasser oder in organische Stoffe enthaltenden Flüssigkeiten in minimalen Mengen lösenden Metallen sind die kolloidalen Metallösungen zu unterscheiden, in welchen die Metalle in mehr oder weniger feiner Verteilung (Dispersion), also als Suspension feiner Teilchen vorhanden sind. In der Desinfektionspraxis spielen sie keine Rolle.

2. Schwermetallsalze.

a) Quecksilbersalze. Das für Desinfektionszwecke wichtigste Salz aus der Gruppe der Schwermetallsalze, speziell der Quecksilbersalze, ist das Sublimat, $HgCl_2$. Hydrargyrum bichloratum ist eines der stärksten Desinfektionsmittel, von weißem Aussehen, in Pulver oder Stücken, stark giftig. Das Sublimat wird im Handel für Desinfektionszwecke mit einem Zusatz von Kochsalz in Pastillenform (nach v. Angerer) abgegeben. Der Kochsalzgehalt gibt dem Sublimat erstens eine leichtere Löslichkeit, zweitens verhindert er in eiweißhaltigen Flüssigkeiten die Bildung von Quecksilber-Albuminniederschlägen, die selbst nicht bakterizid wirken. Infolgedessen kann das Sublimat noch in eiweißhaltige Flüssigkeiten eindringen und daselbst seine desinfizierende Wirkung entfalten. Die Sublimatpastillen sind als starkes Gift durch Zusatz eines Farbstoffes Eosin oder Indigokarmin (in der Schweiz durch Methylenblau) kenntlich gemacht, in schwarzes Papier eingewickelt, das einen weißen Totenkopf und die Aufschrift „Gift“ zeigt. Sublimat wird in wässeriger Lösung von 1 : 5000 bis 1 : 1000 benutzt. Die Vergiftungsgefahr bei den üblichen verdünnten Lösungen ist keine sehr große. Da die Maximaldose des Sublimats 0,06 pro die beträgt, so entsprechen ihr von einer 1%igen Lösung 60 ccm. Menschliche Haut und Metallgegenstände werden durch Sublimat stark angegriffen; eiweißhaltige Flüssigkeiten wie Blut, Eiter, Kot und Auswurf schwächen die keimtötende Wirkung des Sublimats ab und müssen infolgedessen in anderer Weise desinfiziert werden. Die un-

angenehmen Nebenwirkungen des Sublimats werden durch folgende Ersatzmittel vermieden.

1. Durch Quecksilberoxyzyanid (Hg_2Cy_2O). Es wirkt zwar weniger entwicklungshemmend als das Sublimat, läßt sich aber in seiner Wirkung durch Kochsalzzusatz steigern und in sehr konzentrierter Lösung (1—2%) anwenden.

2. Durch das vielfach für die Händedesinfektion gebräuchliche Sublamin (Quecksilberäthylendiaminsulfat), wie das vorige ebenfalls in Pastillenform erhältlich. Seine Wirkung ist zwar der des Sublimats unterlegen, kann aber durch Verwendung stärkerer Lösungen gesteigert werden.

b) Silbersalze. Von den Silbersalzen kommen die in Wasser leicht löslichen Salze $AgNO_3$ und AgF als Desinfektionsmittel zur Anwendung. Die anderen Salze sind anorganische Säuren und in Wasser schwer löslich (Ag_2SO_4 1 : 180). Fast unlöslich sind AgCl, AgBr, AgJ, AgCy, AgCNS. Von an organische Säuren gebundenen Salzen sind die der Milchsäure und einiger aromatischer Sulfosäuren leicht, die meisten anderen, wie das Azetat, Zitrat, Benzoat schwer löslich. Auch ist das Silber ähnlich wie Quecksilber zur Bildung komplexer Salze befähigt, in denen das Ag im Anion steckt.

Das Silbernitrat (Argentum nitricum $AgNO_3$) kommt in Kristallen und geschmolzen in Stangen (Argent. fusum, Höllenstein) in den Handel und ist in seiner antiseptischen Wirkung dem Sublimat gleichzustellen.

Zu den Silbersalzen organischer Säuren gehören das milchsaure Ag = Actol (44,35% Ag, leicht löslich), zitronensaures Ag = Itrol (59,6% Ag, schwer in Wasser löslich, 1 : 3800). Sie sind als Antiseptica und in der Verbandstechnik anzuwenden. Zu den kompletten Ag-Verbindungen gehört auch noch das Argentamin, das auf die vegetativen Formen der Bakterien (Gonokokken) stark bakterizid wirkt. Die sporizide Wirkung ist gering.

Da Silbersalze durch den hohen Gehalt an Ag-Ionen das Gewebe reizen, hat man sie an Eiweißkörper gekuppelt, wodurch die Reizwirkung vermindert, die Tiefenwirkung aber verstärkt wird. Derartige Präparate sind das Argonin (Kasein-Silbernatrium), 4% Ag, nur in warmem Wasser löslich, Albargin in $AgNO_3$ und Gelatose, 15% Ag in Wasser löslich, Protargol aus Albumose, 8,3% Ag in kaltem Wasser löslich. Choleval enthält 10% koll. Ag mit gallensaurem Natrium als Schutzkolloid.

Was die Prüfungsmethodik der Ag-Salze anbelangt, so muß den den Ag-Salzen ausgesetzten Mikroorganismen zunächst das ihnen anhaftende Silbersalz entzogen werden, bevor man sie auf Nährmedien überimpft. Eine Beseitigung gelingt nur durch Überführung in das fast unlösliche Silbersulfid durch Behandlung mit H_2S oder $(NH_4)_2S$.

c) Kupfersalze, und zwar die 1wertige Cupro- und die 2wertige Cupriverbindung. Das Keimtötungsvermögen der Kupfersalze hat ebenso wie das der Hg-Salze in höheren Konzentrationen schwächere Wirksamkeit. Ein prozentual niederer Gehalt an Kupfersalzen weist allerdings bei längerer Einwirkungszeit analog den Schwermetallen eine oligodynamische Wirksamkeit auf. Diese Desinfektionswirkung kleinster Mengen von Kupfersulfat $CuSO_4$ wurde von Fowler, Rideal und Baines praktisch zur Desinfektion von Trink- und Kanalwässern verwendet, um diese von Choleravibrionen und Typhusbazillen zu befreien. Bei Leitungswasser genügte ein Zusatz von 1 : 10000. Zur Trinkwasserdesinfektion wurde auch das $CuCl_2$ (Kupferchlorür) in NaCl-Lösung empfohlen. Elbwasser wurde in 1 Stunde bei einem Zusatz von 1 : 50000, in 3 Stunden bei einem Zusatz von 1 : 250000 fast ganz keimfrei gemacht.

d) Die Eisen-, Blei-, Nickel-, Kobalt-, Chrom-, Baryumsalze zeigen ebenso wie Chlorzink und Cadmiumchlorid keine besondere Desinfektionswirkung.

Cer-Thor- und Zirkonsalze wirken schon in 1promilliger Lösung vollständig entwicklungshemmend.

3. Die Säuren.

Wenn auch die Säuren zu den wirksamsten Desinfektionsmitteln, auch gegenüber Sporen gehören, so ist doch ihre starke chemische Reaktionsfähigkeit ein Hindernis für ihre praktische Anwendung. Die Größe der Desinfektionskraft der Säuren richtet sich nach dem elektrolytischen Dissoziationsgrade, d. h. nach dem in der Lösung vorhandenen H-Ionen. Die Flußsäure (H-Fl), die Salpetersäure (HNO_3), die Trichlor-Essigsäure (CCl_3COOH) desinfizieren stärker, als es ihrem Dissoziationsgrade zukommt. Stark sporizide Wirkung haben die starken Säuren, die Überchlorsäure ($HClO_4$), Brom-Wasserstoffsäure (HBr), Chlorwasserstoffsäure (HCl), Oxalsäure ($COOH_2$) und Schwefelsäure (H_2SO_4). Die desinfizierende Wirkung der letzteren ist entsprechend ihrem geringen Dissoziationsgrad von allen starken Säuren am schwächsten. (Nach 8 Stunden ist die Abtötung der Sporen noch unvollständig.) Die mittelstarken Säuren (Phosphor-, Ameisen- und Essigsäure) desinfizieren noch viel schwächer (nach 30 Stunden noch lebende Sporen).

Für die Desinfektionspraxis kommen nur die rohe Schwefelsäure und Salzsäure in Frage; sie müssen wegen ihrer leichten Zersetzung bzw. Bindung mit dem Substrat stets im Überschuß angewandt werden.

In den Versuchen zur Feststellung der Säurewirkung darf nicht mit Suspensionen in Kochsalzlösung, Bouillon oder Serum, sondern nur in rein wässerigen Lösungen gearbeitet werden, da die zu prüfende Säure sonst durch Bindungen und Umsetzungen nicht rein zur Geltung kommt und auch Neutralsalze die Wirkung der Säure ungünstig beeinflussen. Auch ist daran zu denken, daß feste in die Lösung eingebrachte Stoffe, wie Wolle, Seide, Staub, Metalle, Karbonate usw. Säure binden unter Bindung dissoziabler, einer hydrolytischen Spaltung unterliegender Salze. Bei den Versuchen mit Seidenfäden als Keimträger und bei der Prüfung der desinfizierenden Wirkung von Essigsäure auf Flächen von Häuten, Fellen, Borsten mit Säurelösungen verdient dieser Punkt besondere Beachtung. Weiter darf bei Suspensionsversuchen die Keimdichte nicht zu groß sein, denn die vegetativen Zellen und Sporen binden selbst Säure, und somit wird die Konzentration der Säure für den einzelnen Keim herabgesetzt. Die in der Literatur von verschiedenen Autoren bei denselben Bakterien angestellten Versuche haben infolge der Verwendung verschiedener keimdichter Suspensionen ungleichmäßige Resultate ergeben. Säurebindende Keimträger müssen vor der Verimpfung durch Einlegen in schwache Sodalösung oder Abspülen von Säure befreit werden, nicht säurebindende (Filtrierpapier, Leinwand, Batist, Granaten usw) durch Waschen mit Wasser. Bei Verimpfung größerer Säuremengen kann man geschlämmten Marmor, Soda- und Bikarbonatlösung zur Aufrechterhaltung der alkalischen Reaktion zusetzen. Am geeignetsten erscheint die Verwendung von Keimträgern, die Säure selbst nicht binden, besonders dann, wenn die Salze der Säure selbst entwicklungshemmend wirken, wie die Fluoride, Benzoate, Salizylate, Trichlorazetate usw.

4. Alkalien.

Während bei den Säuren der Grad der Desinfektionskraft sich nach den in der Lösung vorhandenen H-Ionen richtet, die durch Metall ersetzbar sind, ist den basischen Stoffen die Hydroxyl(OH)-Gruppe eigen, die an Metalle und Stickstoffverbindungen gebunden ist. Die desinfizierende

Wirksamkeit der Basen richtet sich nach dem elektrolytischen Dissoziationsgrade, d. h. nach der OH-Ionenkonzentration. Die Basen wirken chemisch auf die Bestandteile des Protoplasmas in ähnlicher Weise wie die Säuren; Hydrolyse des Eiweißes, Bildung halbkolloider und kristallinischer Verbindungen (Albumosen, Aminosäuren, Verseifung der Fette, Spaltung von Kohlehydraten).

Kalium-, Natrium- und Lithiumhydroxyd wirken stark desinfizierend (Abtötung von Sporen in Einfachnormallösung binnen 8—18 Stunden, von Staphylokokken in Viertelnormallösung binnen 5—10 Minuten). Ammoniak zeigt wegen seines geringen elektrolytischen Dissoziationsgrades geringe desinfizierende Wirkung.

Das für die Desinfektionspraxis wichtigste Präparat dieser Gruppe ist das Kalziumhydroxyd ($CaOH_2$), Ätzkalk, das leicht zu beschaffen ist und wegen seiner Billigkeit und geringen Giftigkeit gern angewandt wird.

Das Ausgangsmaterial für die Kalkdesinfektion ist das Kalziumoxyd, CaO („gebrannter Kalk"), eine weiße amorphe Masse. Durch Zugabe von Wasser („Löschen") entsteht Kalziumhydroxyd ($Ca(OH_2)$, das sich in feiner Form in Wasser verteilen und je nach dem Wassergehalt zu Kalkmilch verarbeiten läßt. Die Lösung nimmt CO_2 aus der Luft auf; es bildet sich $CaCO_3$, das wegen seiner Unlöslichkeit in Wasser ausfällt, umhüllt bei größerer Menge das ungelöste $Ca(OH)_2$ und erschwert seine Löslichkeit. Es ist daher nicht ratsam, den gelöschten Kalk oder seine Aufschwemmung bzw. Lösung lange an der Luft stehen zu lassen. Unter Luftabschluß behält der Ätzkalk jahrelang seine desinfizierende Kraft. Für Laboratoriumsversuche verwendet man CaO aus reinem Marmor.

Es erscheint geboten, darauf hinzuweisen, daß die Kalkmilch stets frisch zu bereiten ist, und zwar folgendermaßen:

Man fügt zu 1 kg CaO (gebrannter Kalk) vorsichtig 600 ccm Wasser hinzu. Das CaO zerfällt langsam in das feinpulverige Kalziumhydrat (gelöschter Kalk). Hierzu gibt man 8 l Wasser und erhält somit 10 l der sogenannten 20%igen Kalkmilch. Auch aus gelöschtem Kalk, wie er sich bei jedem Neubau findet, kann Kalkmilch in gleicher Weise hergestellt werden (1 Teil Kalk und 3 Teile Wasser). Man hat nur darauf zu sehen, daß die oberste durch die CO_2 der Luft veränderte Kalkschicht der Grube vor der Entnahme des gelöschten Kalks entfernt wird.

Nach den Versuchen von Dunbar werden Choleravibrionen in Kanaljauche bei einem Gehalt von 3 Promill. Ätzkalk mit Sicherheit in 15 Minuten abgetötet. Tünchung mit Kalkmilch tötete die vegetativen Erreger von Tierseuchen nach 2 stündiger Einwirkung. Milzbrandsporen und Tuberkelbazillen bleiben selbst nach mehrmaliger (3) Tünchung lebensfähig. Kalkmilch eignet sich wegen ihrer Billigkeit zur Desinfektion der Fäzes, von Urin, Aborten, Gruben, Abwässern, Rinnsteinen und Kanälen, ebenso zum Tünchen der Wände. Für die Desinfektion von Abgängen muß ein großer Überschuß an Kalkmilch bei einer ausreichend langen Einwirkungszeit verwendet werden. Zur Desinfektion von Erbrochenem, Stuhlgang und Harn sind gleiche Mengen von Desinfektionsmittel und Abgängen zu mischen. Erwähnt sei, daß, je fester der Stuhl, um so geringer die Wirksamkeit des Desinfektionsmittels infolge des geringeren Lösungsvermögens für die Stuhlbestandteile ist.

Bei der Desinfektion der Abwässer durch Kalkmilch ist die Beobachtung gemacht worden, daß auch unabgetötete Keime durch die entstehenden Niederschläge mitgerissen wurden. Bei der Prüfung der Verwendbarkeit der Kalkmilch für die Abwässerdesinfek-

tion ist darauf zu achten, daß das Abwasser nicht vorher durch Erhitzen sterilisiert werden darf, weil einmal die CO_2 ausgetrieben wird, zweitens die Phosphate ausgefüllt werden und der physikalische Zustand der Kolloide und damit die Beeinflussung durch das $Ca(OH)_2$ stark geändert wird. Für Abortgruben ist ein reichliches Übergießen mit Kalkmilch, für Tonnen und Kübel der Zusatz etwa der gleichen Menge vorgeschrieben.

Die Alkalikarbonate zeigen besonders bei gewöhnlicher Temperatur nur eine schwache antibakterielle Wirkung. Eine Steigerung ihrer Wirksamkeit erfolgt dagegen durch Erwärmung. Das Soda (Natriumkarbonat) (farblose, an der Luft verwitternde Kristalle in Wasser leicht löslich) gehört zu den hydrolytisch gespaltenen Alkalisalzen, aus deren CO_3 Anion bei der Spaltung in Lösung nach der Gleichung

$$CO_3 + H_2O = HCO_3 + OH$$

Bikarbonat und freies Hydroxylion entsteht. Bei der Erwärmung einer Sodalösung zeigt das freiwerdende NaOH eine sehr gesteigerte keimtötende Kraft. Abkühlung der Lösung auf 35° setzt die desinfizierende Kraft bedeutend herab (s. Tabelle).

Durch 2%ige Sodalösung wurden abgetötet:

	bei 35° C	bei 50,2° C	bei 60,2° C
Typhus- und Ruhrbazillen . . .	in 30 Min.	in 1 Min.	—
Kolibazillen	„ 60 „	„ 5 „	—
Staphylokokken	„ 60 „	„ — „	in 15 Min.
Streptokokken	„ 60 „	„ 15 „	„ 1 „
Diphtheriebazillen	„ — „	„ 10 „	„ 1 „
Tuberkelbazillen	„ — „	„ — „	„ 5 „

Die Anwendung von Soda erfolgt in 1—2%iger, am besten kochender Lösung. Soda eignet sich zur Desinfektion metallener Instrumente, von Eß- und Trinkgeschirren, von infizierter Wäsche und waschbaren Kleidungsstücken.

Die Seifen gehören zu den wirksamsten und wertvollsten Desinfektionsmitteln. Sie töten in 8%iger Lösung Choleravibrionen in 2—3 Minuten, in 5%iger Lösung in 5 Minuten, Typhusbazillen in 6%iger Lösung in 30 Minuten, in 1%iger Lösung in 24 Stunden sicher ab. Die Erwärmung steigert den Desinfektionseffekt erheblich; so vermag eine 10%ige Schmierseifenlösung durch Erwärmung auf 70—85° C sogar Milzbrandsporen binnen ½ Stunde abzutöten. Die gewöhnliche Schmierseife (Sapo Kalinus oder viridis oder niger) eignet sich wegen ihrer Billigkeit und starken Desinfektionskraft für die Anwendung im großen. Für gewöhnlich wird Schmierseife in 3%iger Lösung (½ kg auf 1 l Wasser) verwendet. Es wird von Bayer, um sicher zu gehen, empfohlen, zur Desinfektion von mit Choleradejekten besudelter Wäsche die ganze Masse 1 Stunde lang auf 50° C in der 3%igen Schmierseifenlösung zu erwärmen und nachher noch 24 Stunden der Laugewirkung auszusetzen. Über die keimtötende Wirkung der Seifen liegen ganz widersprechende Angaben vor; ich möchte daher von einer weiteren Erörterung dieser Frage absehen.

5. Neutralsalze.

Wie bei den Alkalien kommt auch in den neutralen Halogensalzen der Alkali- und Erdalkalimetallen der spezifische Charakter des betreffenden Metalls in analoger Weise zum Ausdruck. Die Entwicklungshemmung von Milzbrandsporen im Blutserum gelingt erst bei einem Zusatz von 1 : 12,5 NaCl, während $CaCl_2$ schon bei 1 : 50, Lithionchlorid schon bei 1 : 500 den gleichen Effekt erzielen. Mit Kochsalzlösungen konnte eine vollständige Entwicklungshemmung erst bei Konzentrationen von über 25% erzielt werden, bei KNO_3 auch nicht in gesättigten Lösungen. Borax wirkt erst in ½—2%iger Lösung entwicklungshemmend, Pyricit (Borfluorverbindungen mit Na_2PO_4) ist in 2%iger Lösung ein wirksames Desinfektionsmittel.

6. Oxydationsmittel.

Das Kaliumpermanganat verdient hier einige Beachtung, da es sich in der praktischen Verwertbarkeit einen Platz erobert hat. Es entwickelt in wässeriger Lösung sehr energische desinfizierende Wirkung. Milzbrandsporen werden durch eine 4%ige Lösung schon innerhalb 15 Minuten, durch 2%ige Lösung innerhalb von 40 Minuten abgetötet.

Das Wasserstoffsuperoxyd (H_2O_2) ist ein billiges, ungiftiges wirksames Desinfiziens, das sich bei längerem Aufbewahren leicht zersetzt und in der desinfektorischen Wirksamkeit nachläßt. Durch das käufliche 3%ige H_2O_2 werden Milzbrandsporen in 60 Minuten vernichtet. Von dem 30%igen Wasserstoffsuperoxyd, Perhydrol Merck genannt, werden in 1%iger Lösung Staphylokokken und Diphtheriebazillen bei 35° C binnen 3 Minuten sicher abgetötet. Weitere Zusammenstellungen von Wasserstoffsuperoxydpräparaten sind im Handel erschienen, und zwar

Pergenol, Peroxole und die organischen Peroxyde.

Das Ozon (O_3) findet Anwendung in der Trinkwasserbehandlung.

7. Halogene (Jod, Brom, Chlor, Fluor).

Für eine praktische Verwendbarkeit kommt vor allem das Chlor wegen seiner außerordentlich energischen desinfizierenden Wirkung in Frage. In wässeriger 0,2%iger Lösung werden Milzbrandsporen schon in wenigen Sekunden (in 0,03%iger Lösung in 2 Minuten) vernichtet. Etwas weniger wirksam ist das Brom, es erfolgt eine Abtötung der Milzbrandsporen durch eine 0,06%ige Lösung in 2 Minuten. Das Jod wirkt bedeutend schwächer, Abtötung von Milzbrandsporen erfolgt in 0,02%iger wässeriger Lösung noch nach 5 Minuten unvollständig.

Da alle organischen Substanzen durch die freien Halogene in hohem Maße geschädigt werden, ist die Anwendung der Halogene sehr eingeschränkt. Auch erleiden ihre wässerigen Lösungen, die an sich schon nicht haltbar sind, durch Berührung mit organischen Substanzen derartige Zersetzungen, daß vollkommene Unwirksamkeit eintritt. Es erscheint daher zweckmäßig, nur ganz frisch bereitete Lösungen, das Chlor in statu nascendi anzuwenden.

Chlorkalk. Calcaria chlorata, Calcium hypochlorosum, ein Gemisch von $CaCl_2$, $Ca(OH)_2$ und $Ca(ClO)_2$, das in 100 Teilen mindestens 25 Teile wirksamen Chlors enthalten soll. Es ist gut verschlossen und im Dunkeln aufzubewahren, da schon die in Luft vorhandene CO_2 unterchlorige Säure abspaltet, die dann wieder Chlor freiwerden läßt.

Vegetative Formen von Bakterien werden schon in 0,1—0,2%igen Lösungen in 2—5 Minuten abgetötet. Eine Herabsetzung der desinfektorischen Wirkung tritt in eiweiß- oder salzhaltigen Medien ein; so werden Typhusbazillen im Stuhl durch 1%ige Chlorkalklösung erst in 10 Minuten vernichtet. Durch Verrühren von 1 l Chlorkalk in 5 l Wasser wird die für Desinfektion angegebene Chlorkalkmilch hergestellt, die stets vor dem Gebrauch frisch zu bereiten ist. Verwendung findet sie zur Desinfektion von Fäzes, Aborten, Gruben, Abwässern, Kanälen, Rinnsteinen usw.

Das Jodtrichlorid (JCl_3), das sich im Versuch als ein wirksames Desinfiziens erwies und dem Chlor an Wirkung kaum nachsteht, tötet Milzbrandsporen in 1%iger Lösung fast momentan ab. Eine Einschränkung der Wirkung erfolgt kaum in eiweiß- und salzhaltigen Medien. So werden Choleravibrionen und Typhusbazillen im Stuhl durch 1%ige Lösung in 15 Minuten abgetötet.

8. Kohlenstoffverbindungen der aliphatischen Reihe.

Der Äthylalkohol (C_2H_5OH) entfaltet seine stärkste desinfizierende Wirkung in einer 50%igen Lösung, während absoluter Alkohol angetrockneten Keimen gegenüber vollkommen wirkungslos bleibt. Gegenüber Bakterien in feuchtem Zustande ist ein Unterschied in der Wirkung verschiedener Konzentrationen nicht festzustellen; absoluter Alkohol wirkt hier auch bakterizid. Der Grund hierfür ist vielleicht darin zu suchen, daß durch den absoluten Alkohol eine Eiweißfällung in den äußeren Bakterienschichten eintritt, die das weitere Eindringen in das Innere des Bakterienkörpers verhindert, oder in physikalisch-chemischen Verhältnissen.

Die schädigende Wirkung der verschiedenen Alkohole wächst mit steigendem Molekulargewicht.

Das Wachstum von Staphylokokken wird gehemmt

von	Methylalkohol	bei einer	Konzentration	von	8%
„	Äthylalkohol	„ „	„	„	6%
„	Propylalkohol	„ „	„	„	4%
„	Amylalkohol	„ „	„	„	1%

Bakteriensporen werden in siedendem verdünnten Alkohol abgetötet, aber nicht in wasserfreiem.

Der offizinelle Seifenspiritus wird wegen seiner anerkannten Desinfektionswirkung — vegetative Keime werden in einigen Minuten abgetötet — zur Händedesinfektion mit Erfolg gebraucht (Mikulicz). Sein Alkoholgehalt beträgt 43%.

Formaldehyd (HCOH), der Aldehyd der Ameisensäure, kommt im Handel im Formol, Formaldehydum solutum vor als wässerige Lösung mit ca. 35—40 g CH_2O in 100 ccm Wasser. Zur Bestimmung des Formaldehyds in Lösung bedient man sich der Sulfitmethode.

Formaldehyd (CH_2O) bindet sich fast quantitativ mit Natriumsulfit unter Bildung von formaldehydschwefligsaurem Natrium und Natriumhydroxyd, das mittels Titrieren bestimmt wird ($CH_2O + Na_2SO_3 + H_2O = CH_2(OH) \cdot SO_3Na + NaOH$). Am besten wird wegen hydrolytischer Spaltungen des Na_2SO_3 die zu prüfende Formaldehydlösung mit einer entsprechenden Menge Normal-Na_2SO_3-Lösung (etwa 252 g $Na_2SO_3 + 7\ H_2O$ im Liter) vermischt, ein Tropfen einer 0,2%igen alkoholischen Phenolphtaleïnlösung zugegeben und mit Normal-Säurelösung bis zur Farblosigkeit titriert. 1 ccm = 30 mg CH_2O.

Schon sehr schwache Formalinlösungen (1 : 5000 bis 1 : 20000) wirken entwicklungshemmend. Die aus diesem Grunde gemachte Empfehlung des Formalins zur Konservierung von Nahrungsmitteln ist wegen der etwa auftretenden Giftwirkung hygienisch zu beanstanden. Die Lösungen (1%ig = 30 ccm Formalin zu 1 l Wasser) von Formalin finden wegen der geringen Desinfektionskraft für praktische Zwecke nur wenig Verwendung. Anders dagegen verhält es sich mit dem gasförmigen Formaldehyd, der in der Wohnungsdesinfektion eine weitgehende Anwendung gefunden hat.

Die keimtötende Kraft der wässerigen Formaldehydlösungen an Staphylokokken, die an Granaten angetrocknet sind, ist nach Xylander folgende:

0,5%ige	Formaldehydlösung	in	80	Minuten
1,0 „	„	„	70	„
2,0 „	„	„	60	„
3,0 „	„	„	46	„
6,0 „	„	„	35	„

Hieraus ergibt sich, daß die Desinfektionskraft des Formaldehyds mit steigender Konzentration nur sehr langsam zunimmt.

Präparate, die sich vom Formaldehyd ableiten, seien hier kurz erwähnt: Lysoform von geringer desinfizierender Wirksamkeit, Formalinseife, Morbicid (Harzseife von etwa 12% Formaldehydgehalt), Saligenin, Eugenoform usw.

Das Chloroform ($CHCl_3$) eignet sich in 1—2%igem Zusatz sehr zur Sterilisierung eiweißhaltiger Flüssigkeiten (Blutserum), ohne eine Schädigung herbeizuführen. Sporenfreie Mikroben vermag es in kurzer Zeit zu töten.

Das Jodoform zeigt nur eine geringe bakterientötende Wirkung. Tuberkelbazillenkulturen werden erst nach ca. 3wöchentlichem Kontakt mit dem Jodoformpulver abgetötet. Andere Bakterien werden wohl in ihrer Entwicklung gehemmt.

Die starke fäulniswidrige Wirkung des Jodoform in Wunden usw. erklärt sich nach Behring dadurch, daß durch Reduktionsprozesse, die bei der Fäulnis frei werden, aus dem Jodoform Jod abgespalten wird; die entstehenden löslichen Jodverbindungen schädigen die Fäulniserreger. Diese Zersetzung soll auch durch Einwirkung normaler Körperflüssigkeiten bei Bruttemperatur vor sich gehen. Die Zahl der Jodpräparate ist eine außerordentlich große. Auf eine einzelne Aufzählung muß ich hier verzichten.

9. Organische Verbindungen der aromatischen Reihe.

Die Hauptrepräsentanten dieser Klasse sind das Phenol oder die Karbolsäure (C_6H_5OH) und die Kresole ($C_6H_4CH_3OH$). Sie gehören zu den meist angewandten Desinfektionsmitteln. Sie haben gegenüber dem Sublimat den Nachteil des starken Geruchs und der größeren Giftigkeit in den zur Anwendung gelangenden 3—5%igen Lösungen. Auch erzeugen sie auf der menschlichen Haut Reizwirkungen, die sich in Form von Parästhesien und Gangrän äußern. Sie haben aber den Vorteil der zuverlässigen Wirkung selbst auf Substanzen, die in der Desinfektionsflüssigkeit vorhanden sind (Eiweißkörper, Salze, Säuren, Alkalien). Die unter Einwirkung des Lichtes beobachteten Rotfärbungen der Phenolpräparate schädigen nicht ihre Desinfektionskraft.

Karbolsäure, Phenol, Acidum carbolicum stellt eine farblose oder schwach rötliche kristallinische Masse dar, die sich beim Einstellen des Gefäßes in warmes Wasser verflüssigt, um nach der Abkühlung wieder zu erstarren.

Die verflüssigte Karbolsäure, Acidum carbolicum liquefactum, wird durch Mischen von 10 Teilen kristallisierter Karbolsäure mit 1 Teil Wasser hergestellt. Beide Präparate wirken auf die Haut stark ätzend. Für die Desinfektion verwendet man eine als Karbolwasser bezeichnete 2—5%ige Lösung, also z. B. 20—50 ccm Acid. carbolic. liquefactum auf 1 l Wasser.

Da die Maximaldosis pro die 0,3 g per os beträgt, so ist diese Menge in 10 ccm einer 3%igen Lösung enthalten. Metallgegenstände werden nicht angegriffen. Der Karbolsäure in ihrer desinfizierenden und giftigen Wirkung sind die Kresole ($C_6H - OH \cdot CH_3$), und zwar das Orthokresol, Metakresol und Parakresol sowie das Trikresol (Schering) bedeutend überlegen. (Cresolum, ätzende nadelförmige farblose Kristalle. Cresolum liquefatum [100 Teile Kresol und 10 Teile Wasser], eine ölige klare Flüssigkeit.) Infolge der geringen Löslichkeit der Kresole in Wasser (Orthokresol zu 2,5%, Parakresol zu 1,8%, Metakresol zu 0,5%) war die Anwendung der „rohen Karbolsäure“ (Rohkresol, Cresolum crudum), der dick-

flüssige Restbestand bei der Karbolsäuregewinnung, erschwert. Sie enthält als wirksamer Bestandteil Kresole, die sich chemisch, z. B. durch Vermischen der rohen Karbolsäure mit gleichen Volumteilchen roher Schwefelsäure lösen und für die Desinfektionspraxis nutzbar machen lassen (Kresylschwefelsäure, Kresylsulfosäure). Vor allem kommt zur Gewinnung der wirksamen Substanzen aus dem Rohkresol eine Aufschließung durch Alkalien in Frage. Die so gewonnenen Desinfektionspräparate haben den Vorteil, daß sie die zu desinfizierenden Objekte nicht beschädigen und auch in der Chirurgie für die Desinfektion brauchbar sind. Hierher gehören:

a) Kresolseifenlösung, Liquor cresoli saponatus ist ein Gemisch von Rohkresol und Kaliseife zu gleichen Teilen und stellt eine klare, gelbbraune Flüssigkeit dar.

b) Kresolwasser, Aqua cresolica stellt eine Mischung von einem Teil Kresolseifenlösung und 9 Teilen Wasser dar. In 100 Teilen Flüssigkeit sind 5 Teile Kresol enthalten.

Man verwendet am besten verdünntes Kresolwasser (2,5% Kresol), das man entweder aus dem 5%igen Kresolwasser durch Vermischen mit gleichen Teilen Wasser herstellt oder durch Auffüllen von 50 ccm Kresolseifenlösung auf 1 l mit Wasser.

Besonders empfiehlt sich die Anwendung des Kresolwassers für Wäsche, die mit Blut, Kot, Eiter usw. beschmutzt ist, dann für die Desinfektion der Fußböden, Wände, Türen, Möbel; Farbenanstriche und Tapeten werden zuweilen durch Kresolwasser geschädigt.

Lysol, ein Kresolseifenpräparat, wird in 2—3%igen Lösungen angewendet, für Fäzes und Sputum in 5—10%iger Lösung.

Bacillol wird in 2—5%iger Lösung benutzt.

Von besonders energischer, zum Teil gegenüber bestimmten Bakterienarten elektiver Wirkung sind die Halogensubstitutionsprodukte der Kresole, unter denen sich auch brauchbare Sputumdesinfizientien finden.

Saprol ist ein nicht nur zur Desinfektion, sondern auch zur Desodorisierung geeignetes Präparat, bestehend aus Rohkresol und Petroleum, das eine ölige Flüssigkeit mit einem Gehalt von 40% wasserlöslicher Kresole darstellt. Da es auf den Abwässern schwimmt, bewirkt es einen hermetischen Verschluß, wodurch auch die Übertragung von Krankheitserregern durch Fliegen verhindert wird. Die wasserlöslichen Kresole verteilen sich allmählich in die Fäkalmassen und üben daselbst ihre desinfizierende Wirkung aus.

In normalen Zeiten rechnet man für die Desodorisierung und Desinfektion der Aborte von Wohnhäusern pro Kopf monatlich etwa $^1/_{20}$ l, von öffentlichen Gebäuden $^1/_{16}$ l, in Epidemiezeiten dagegen pro Kubikmeter Fäkalien 10 kg Saprol.

10. Gasförmige Desinfizientien.

So verschieden auch die gasförmigen Desinfizientien in bezug auf ihren chemischen Ursprung sind, so können sie doch in ihrer Anwendung gemeinsam besprochen werden. Denn bei allen stoßen wir durch ihren gasförmigen Zustand auf Schwierigkeiten in der praktischen Anwendung für Desinfektionszwecke. Da ihr spezifisches Gewicht ein anderes ist als das der Luft, so verteilen sich die Gase in dem zu desinfizierenden Raume ungleichmäßig, wodurch die gleichmäßige Durchdringung der zu desinfizierenden Gegenstände beeinträchtigt wird. Bei bloßer Oberflächenwirkung, wie z. B. bei der Wohnungsdesinfektion durch Formaldehyd, fällt dieser Einwand

fort; wo aber auf eine Tiefenwirkung bis ins Innere des Desinfektionsgutes Wert gelegt wird, muß man auf viel Zufuhr von Gas und mechanische Luftbewegung dringen, wie das z. B. bei dem Desinfektionsverfahren mit schwefliger Säure (Clayton- und Hya-Apparat) der Fall ist. Eine ganze Reihe von Gasen, die man auf ihre Desinfektionswirkung untersucht hat, wie z. B. Wasserstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Leuchtgas, Schwefelwasserstoff, Ammoniakdämpfe, sind für die Desinfektionspraxis wegen ihrer geringen bakteriziden Wirkung nicht zu gebrauchen. Schweflige Säure, Chlor und Brom wirkten zwar im Laboratoriumsexperiment, in größeren Räumen aber versagen sie, wie schon eben erwähnt, wegen der ungleichmäßigen Verteilung im Raume, und weil die trockenen Bakterien nur sehr schwierig der Einwirkung der Dämpfe erlagen. Praktisch verwendbar wurde die Desinfektion mit schwefliger Säure erst durch die Erfindung des Clayton-Apparates. In besonderen Apparaten wird unter reichlichem Luftzutritt Schwefel verbrannt. Das Gas, das bei dieser Verbrennung entsteht, setzt sich zusammen aus schwefliger Säure (SO_2) und Schwefelsäureanhydrid (SO_3); daneben entstehen auch noch eine Reihe höherer nicht genau bekannter Oxydationsprodukte. Das gekühlte Gas wird nun unter Druck durch einen Ventilator in den zu desinfizierenden Raum unter gleichzeitiger Ansaugung der Luft des betreffenden Raumes eingeblasen und somit eine gründliche Durchmischung gewährleistet. So kommt es zu einer ziemlich erheblichen Tiefenwirkung des Gases. Dieses Verfahren gibt auch noch in größeren Räumen bei ausgedehnter Desinfektionswirkung brauchbare Resultate. Sporenfreie Bakterien werden bei mehrstündiger Anwendung einer etwa 8%igen Mischung sicher abgetötet. Das Claytonverfahren hat aber auch seine Nachteile; so werden Früchte, Mehl und Fleisch stark geschädigt, Kleiderstoffe werden gebleicht. Aus diesen Gründen wird es für die Wohnungsdesinfektion nicht in Betracht kommen, besonders, da uns für diese Zwecke das einfache und billige Formalindesinfektionsverfahren zur Verfügung steht. Hier handelt es sich streng genommen gar nicht um eine Gasdesinfektion, sondern um eine Kondensation des Formaldehyds in Form feinst verteilter Tröpfchen, die sich nur auf der Oberfläche der zu desinfizierenden Gegenstände niederschlagen. Als Ergänzung tritt in gewissen Fällen die Dampfdesinfektion hinzu. Bei der Verdampfung des Formalins bilden sich feste Polymere, Paraformaldehyd $(CH_2O)_3$ oder Paraform. Das Formalin ist, sobald eine stärkere flockige Ausscheidung (Paraformaldehydbildung) eingetreten ist, für Desinfektionszwecke nicht mehr zu benutzen. Zur Verhütung der Polymerisierung verdampft man das Formalin mit möglichst reichlichem Wasserzusatz. Von anderer Seite wurde zur Erzeugung großer Mengen Formaldehydgas eine trockene Erhitzung (etwa 150° C) des Polymerisierungsproduktes (Pastillen im Handel bei Schering erhältlich) empfohlen, bei der das feste Paraform sich wieder in gasförmiges Formaldehyd zurückverwandelt. Der von Schering konstruierte Apparat „Äskulap“ bringt dieses letztere Verfahren zur Anwendung. Die in einem Drahtkorb eingelegten Pastillen (Formalinpastillen) werden durch eine Spiritusflamme zur Vergasung gebracht. Die diesem Verfahren noch anhaftenden Mängel in bezug auf mangelhafte Desinfektionswirkung werden dadurch beseitigt, daß die Luft des Versuchs- bzw. des zu desinfizierenden Raumes mit Wasserdampf gesättigt wird. Die Versuche von Rubner und Peerenboom zeigten, daß nach beendeter Desinfektion mit Formaldehyd nur noch ein kleiner Teil (12—16%) in der Luft des Versuchsraumes nachgewiesen werden konnte. Der größte Teil

schlägt sich mit den feinen Wasserdampftröpfchen auf den Objekten nieder; ihm wohnt nach Rubner die desinfizierende Wirksamkeit inne. Auf dem eben genannten Prinzip beruht der kombinierte Aeskulapapparat nach Schering (s. Fig. 11).

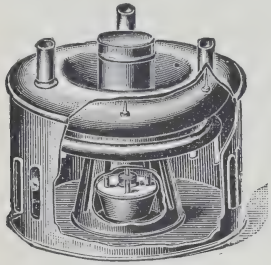


Fig. 11. Scherings kombinierter „Äskulap". Aus Prausnitz, Lehrb. d. Mikrobiologie von Friedberger und Pfeiffer, Bd. 1 (Verlag G. Fischer, Jena 1919).

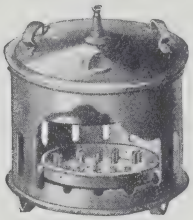


Fig. 12. Formalindesinfektionsapparat nach Flügge. Breslauer Modell. Aus Prausnitz, Lehrb. d. Mikrobiologie von Friedberger und Pfeiffer, Bd. 1 (Verlag G. Fischer, Jena 1919).

Bei dem kombinierten Aeskulap-Schering werden vor jeder Desinfektion ohne Unterschied der Größe des zu desinfizierenden Raumes in den Ringkessel 3750 ccm Wasser, in den Brenner bei Anwendung von 50—100 Formalinpastillen 350 ccm, von 100—500 Formalinpastillen 470 ccm Brennspiritus von 86 Vol.-Proz. eingefüllt. Ferner sind einzufüllen:

Bei einem Raumgehalt von cbm	Formalinpastillen		Brennspiritus in die Rinne
	bei 7stünd. Desinfektionsdauer	bei 3½stünd. Desinfektionsdauer	
20	50	100	300
30	74	150	350
40	100	200	450
50	125	250	500
60	150	300	550
70	175	350	650
80	200	400	750
90	225	450	800
100	250	500	900

Am besten hat sich für die Praxis die von Flügge und seinen Schülern ausgearbeitete „Breslauer Methode" bewährt, bei der das Formaldehydgas durch „Verdampfen verdünnter wässeriger Formalinlösungen erzeugt wird, ohne daß Polymerisierung eintritt.

Der Breslauer Apparat (s. Fig. 12 u. 14) besteht aus einem einfachen Kupferkessel, der in der Mitte des Deckels eine enge Abströmungsöffnung trägt. Daneben liegt noch eine dicht verschließbare Öffnung zum Eingießen von Formalin und Wasser. Das Ganze wird durch einen Spiritusbrenner erhitzt. Kessel und Lampe ruhen auf einem besonderen Gestell. Die Aufstellung des Apparates erfolgt entweder in dem zu desinfizierenden Raume selbst, was am richtigsten erscheint, oder außerhalb des Zimmers, wobei dann der sich entwickelnde Dampf durch ein Rohr durch das Schlüsselloch in das Zimmer eingeleitet wird. Man nimmt zur Speisung des Apparates 1 Teil Formalin + 4 Teile Wasser. Die für die Desinfektionspraxis je nach der Größe des Raumes gebrauchten Mengen Formalin, Wasser und Spiritus sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

bei 2,5 g Formaldehyd auf 1 cbm Raum				bei 5 g Formaldehyd auf 1 cbm Raum			
Raumgröße in cbm	Formalin 40 %	Wasser	Spiritus 86 %	Raumgröße in cbm	Formalin 40 %	Wasser	Spiritus 86 %
10	200	800	100	10	400	600	100
20	250	1000	250	20	500	750	250
30	300	1200	300	30	600	900	300
40	400	1600	400	40	800	1200	400
50	450	1800	500	50	900	1350	500
60	500	2000	600	60	1000	1500	600
70	550	2200	650	70	1100	1650	650
80	650	2600	750	80	1300	1950	750
90	700	2800	850	90	1400	2100	900
100	750	3000	950	100	1500	2250	950
110	800	3200	1050	110	1600	2400	1050
120	900	3600	1150	120	1800	2700	1150
130	950	3800	1200	130	1900	2850	1200
140	1000	4000	1300	140	2000	3000	1300
150	1050	4200	1400	150	2100	3150	1400

Für schwer zu dichtende Räume ist mehr zu nehmen, z. B. (nach Reichenbach) für

	Formalin 40 % in ccm	Wasser in ccm	Spiritus in ccm	Stundeneinwirkung
Eisenbahnabteile 2. Klasse	1000	2000	750	24
Eisenbahnabteile 3. Klasse	300	700	250	7
Eisenbahnwagen 4. Klasse	500	1500	400	7
Eisenbahnviehwagen (nach mechanischer Reinigung des Fußbodens ca. 30 cbm . .	600	1900	550	7

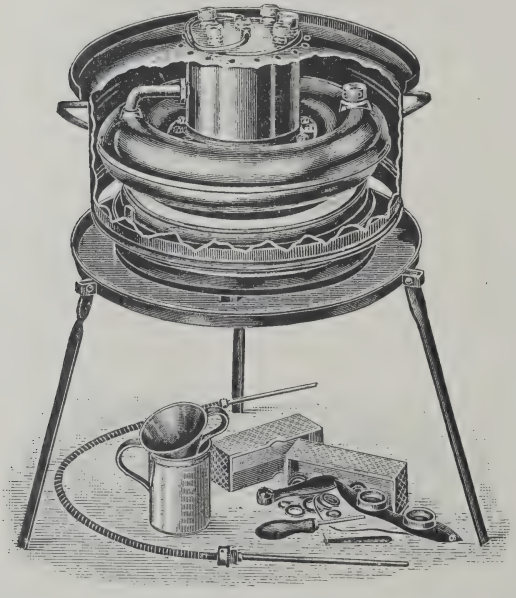


Fig. 13. Formaldehyd-Desinfektions-Apparat System Lingner. Aus Deutsche Desinfektions-Zentrale, 2. Aufl., Berlin.

Durch das Formaldehydverfahren nach Flügge werden Milzbrandsporen sowie Tuberkelbazillen, wenn sie nicht in dicken Schleimschichten angetrocknet sind, sicher abgetötet. Es sei schon hier darauf hingewiesen, daß eine Desinfektion nur dann wirksam sein kann, wenn eine sorgfältige Abdichtung des ganzen Zimmers vor der Desinfektion stattgefunden hat.

Bei einer Anwendung von 5 g Formaldehydgas für je 1 cbm Raum kann frühestens nach 4 Stunden (vom Anzünden des Spiritusbrenners an gerechnet) die Desinfektion als beendigt angesehen werden. Dasselbe gilt auch für die später zu besprechenden Kaliumpermanganatverfahren.

Die Breslauer Methode hat sich im großen und ganzen bewährt. Es haften ihr aber einige Mängel an.

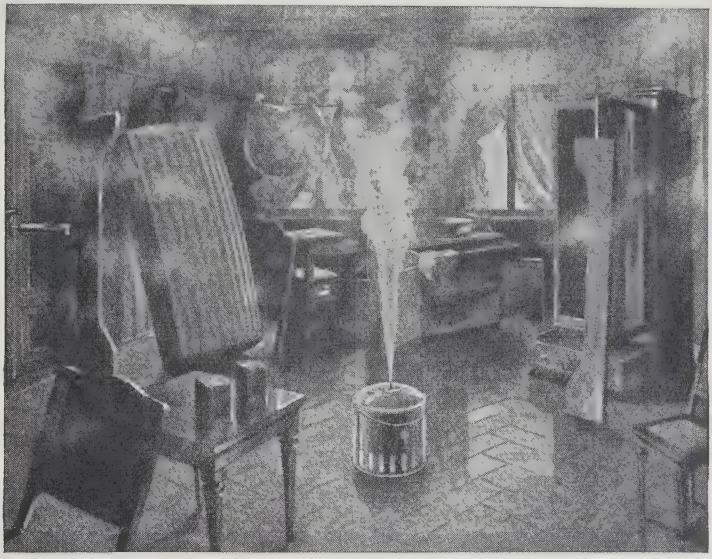


Fig. 14. Apparat nach Flügge in Tätigkeit. Aus: Die Desinfektion und ihre Hilfsmittel, 2. Aufl., Deutsche Desinfektions-Zentrale, Berlin.

Die Anschaffungs- und Reparaturkosten sind nicht unerheblich; weiter bleibt die Spiritusflamme, die während der Vergasung sich selbst überlassen wird, eine Feuersgefahr für die im Zimmer befindlichen leicht brennbaren Gegenstände. Auch eignet ein einziger Apparat sich nicht zur Desinfektion größerer Räume (wie Hallen, Krankensäle). Hier müßten eine Reihe von Apparaten aufgestellt werden, deren Beschaffung auf Schwierigkeiten stößt.

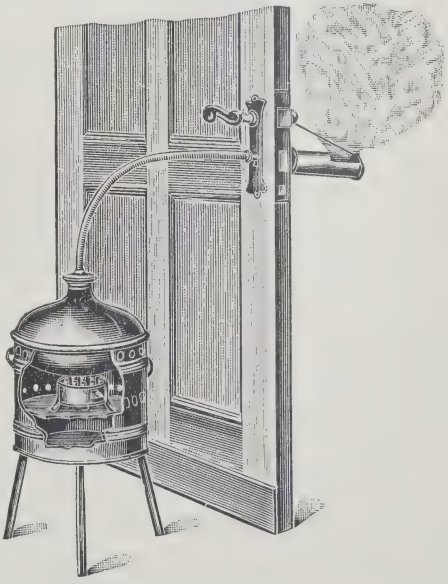


Fig. 15. Ammoniakvergaser. Aus: Die Desinfektion und ihre Hilfsmittel, 2. Aufl., Deutsche Desinfektions-Zentrale, Berlin.

Zur Entfernung des Formaldehyds aus den desinfizierten Räumen wird von außen durch das Schlüsselloch eine bestimmte Menge von Ammoniakdampf eingeleitet. Es verbindet sich das Formaldehyd mit dem Ammoniak zu dem völlig geruchlosen und unschädlichen Hexamethylentetramin. Über die für den Ammoniakentwickler (kleiner Kessel mit Spirituslampe, Schlauch nebst Gestell und Ammoniakauffanggefäß) notwendige Menge von Am-

moniak und Spiritus nach der Raumgröße des Zimmers gibt folgende Tabelle Aufschluß (s. Fig. 15).

bei 2,5 g Formaldehyd pro cbm			bei 5 g Formaldehyd pro cbm		
Raumgröße in cbm	Ammoniak 25 %	Spiritus 86 %	Raumgröße in cbm	Ammoniak 25 %	Spiritus 86 %
10	100	10	10	150	15
20	200	20	20	300	30
30	250	25	30	400	40
40	350	35	40	550	50
50	400	45	50	600	60
60	500	50	60	750	75
70	600	55	70	900	90
80	650	65	80	1000	100
90	750	75	90	1150	120
100	800	80	100	1200	130
110	900	90	110	1350	140
120	1000	100	120	1500	150
130	1050	105	130	1600	160
140	1150	110	140	1750	170
150	1200	120	150	1800	180

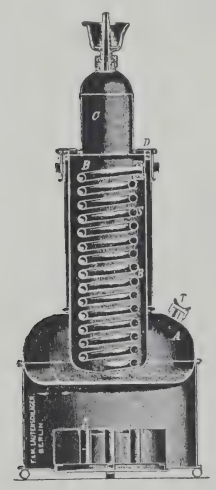


Fig. 16. Apparat „Berolina“ von Proskauer-Elsner. Aus Prausnitz, Lehrb. d. Mikrobiol. von Friedberger u. Pfeiffer, Bd. 1 (Verlag G. Fischer, Jena 1919).

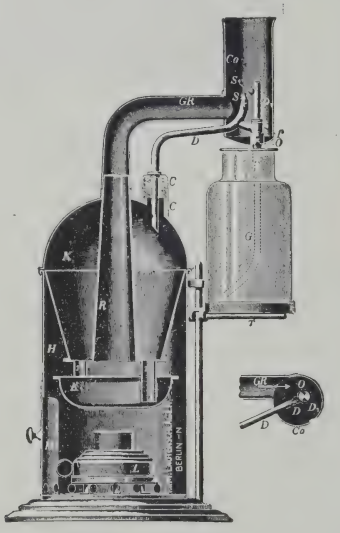


Fig. 17. Apparat von Czaplewski. („Colonia“.) Aus Prausnitz, Lehrb. d. Mikrobiologie von Friedberger und Pfeiffer, Bd. 1 (Verlag G. Fischer, Jena 1919).

Der in dieser Weise nachbehandelte Raum kann 1 Stunde nach Beendigung der Ammoniakentwicklung geöffnet werden. Zur Beseitigung des Formaldehyds kann man auch folgendermaßen vorgehen. Für 1 cbm Raum nimmt man 25 g gebrannten Kalk, 15 g Salmiak und 15 ccm Wasser. Es wird die für die Raumgröße erforderliche Menge gebrannten Kalkes mit der nötigen Salmiakmenge in einem passenden Gefäß vermischt und die Mischung mit der abgemessenen Menge Wasser (am besten heißem) übergossen. Das Entwicklungsgefäß wird nun schnell durch die geöffnete Tür in das desinfizierte Zimmer geschoben und die Tür sofort wieder geschlossen. Die Öffnung des Raumes kann nach 1 Stunde erfolgen.

Einen anderen Verdampfungsapparat, „Berolina“, von Proskauer-Elsner eingeführt, zeigt Fig. 16.

Sogenannte „Sprayapparate", bei welchen der Formaldehyd mittels Versprayung zugleich mit Wasserdampf in die Zimmerluft gebracht wird, sind der Prausnitzsche Apparat, der Apparat von Czaplewski und Lingner (s. Fig. 17).

Erwähnt sei hier noch eine besondere Art der Formaldehyddesinfektion, die Kastendesinfektion, wie sie zuerst von Petruschky für Objekte vorgeschlagen wurde, die die Dampfdesinfektion nicht vertragen. Der Formaldehyd wird in einem dicht abschließenden Kasten entwickelt. Diese Art der Desinfektion eignet sich nach Prausnitz für den praktischen Arzt zur einfachen und bequemen Desinfektion der Kleider nach Besuchen bei Infektionskranken. Es sei hier erwähnt, daß für diese Kastendesinfektion besondere Apparate keineswegs unbedingt notwendig sind; es genügen auch gewöhnliche Dampfdesinfektionsapparate mit Formaldehyd (s. Fig. 18).

Die in den letzten Jahren sich mehr und mehr eingebürgerten apparatlosen Verfahren der Formaldehyddesinfektion, die wegen ihrer Einfachheit und Billigkeit besonders für ländliche Bezirke sich eignen, sollen in folgendem besprochen werden. Hier wird durch chemische Umsetzungen Formaldehyd entwickelt. Hierher gehört das zuerst von Eichengrün angegebene Autanverfahren. Das Baryumsuperoxyd-Paraformgemisch wird mit Wasser übergossen. Durch die starke Erwärmung, die bei Wasserzusatz eintritt, wird Formaldehyd und Wasser in größeren Mengen entwickelt. Von der Firma Bayer in Elberfeld wird das Autan in Blechbüchsenverpackung in den Handel gebracht. Die Büchse dient zugleich als Maßgefäß der zuzusetzenden Wassermenge. Das Autan ist in verschiedenen größeren und kleineren Packungen im Handel, um es für die Desinfektion der verschiedenen Raumgrößen vorrätig zu haben. Für einen Raum von 110 cbm benötigt man ca. 3850 g Autan. Die Firma hat wegen der von verschiedenen Seiten festgestellten ungleichmäßigen Entwicklung von Formaldehyd und Wasserdampf ein weiteres Präparat, das Neu-Autan (Packung B) herausgegeben, das zuverlässiger arbeitet. Leider ist das Autan noch zu teuer (4—5 mal so teuer als Formalindesinfektion), um für Desinfektionszwecke in allgemeine Anwendung zu kommen.

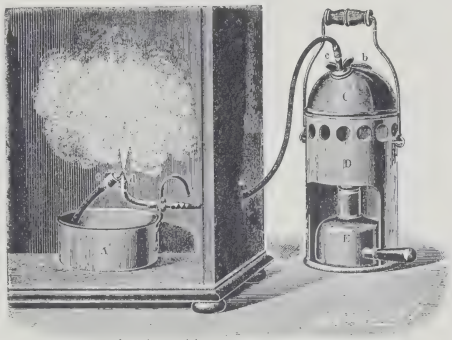


Fig. 18. Kastendesinfektion nach Prausnitz. Aus Prausnitz, Lehrb. d. Mikrobiologie von Friedberger und Pfeiffer, Bd. 1 (Verlag G. Fischer, Jena 1919).

Ein ebenso wirksames aber bedeutend billigeres apparatloses Desinfektionsverfahren ist das Formalin-Permanganatverfahren (Evans und Russel). Für je 1 cbm Raum sind folgende Mengen notwendig: 25 ccm Formalin, 25 g Kaliumpermanganat. cryst. und 15 ccm Wasser. Es ist bei diesem Verfahren wegen der sehr stürmischen Gasentwicklung und unter Umständen eintretenden Entzündung darauf zu achten, daß das Fassungsvermögen der Gefäße (Waschbottiche, Gefäße aus emailliertem Eisenblech usw.) sehr groß ist, und zwar wenigstens so viel Liter beträgt, als der zu desinfizierende Raum Kubikmeter hat; bei Räumen von über 100 cbm sind zwei entsprechend große Gefäße zu verwenden. Bei diesem Verfahren werden zunächst die abgemessenen Formalin- und Wassermengen in das Entwicklungsgefäß gegossen, und erst dann erfolgt das Einschütten der erforderlichen Kaliumpermanganatmenge unter stetem Umrühren. Das Aufnahmegefäß wird möglichst in der Mitte des Zimmers auf eine besondere Holzunterlage aufgestellt. Bei dem Autoform- und Formanganverfahren wird der Formaldehyd in fester Seifenform angewendet.

Kalähne und Strunk, Lockemann und Croner nehmen an Stelle von Formalin Paraform. Ihr Verfahren (Paraform-Kaliumpermanganat) gestaltet sich folgendermaßen: Für je 1 cbm Raum sind erforderlich 10 g Paraform, 25 g Kalium permanganicum crystallis. und 30 ccm Wasser. Zum sicheren Eintritt der Reaktion ist ein Sodazusatz von

1% der Paraformmenge notwendig. Die Entwicklungsgefäße (am besten aus Metall) sollen bei diesem Verfahren so groß sein, daß auf je 1 cbm des zu desinfizierenden Raumes ½ l Gefäßinhalt zur Verfügung steht. Hier werden die abgewogenen Paraform- und Sodamengen in das Entwicklungsgefäß, das ebenfalls in der Mitte des Zimmers aufzustellen ist, geschüttet und mit der abgemessenen Menge Wasser von Zimmertemperatur übergossen. Erst dann wird die nötige Kaliumpermanganatmenge hinzugeschüttet und das Ganze mit einem Holzstab gründlich durchgerührt.

Auf diesem Verfahren beruhen die Präparate Paragan, Formangan (Schering) und Parautan (Bayer).

Eine sehr billige Methode ist die von Hammerl angegebene. Gebrannter Kalk wird mit verdünnter Schwefelsäure übergossen. Durch die hierbei entstehende Reaktionswärme kommt es leicht zur Verdampfung des hinzugegossenen Formalins. Vorsicht beim Transport und der Verwendung der Schwefelsäure!

Wenn auch die genannten apparatlosen Verfahren wegen ihrer Einfachheit und des Fortfalls der Feuergefährlichkeit, der geringen Anschaffungs- und Reparaturkosten vieles für sich haben, so ist doch noch dem Flüggeschen Apparat der Vorzug zu geben, da er um die Hälfte billiger arbeitet.

Anhang: Chemotherapie.

Manche Desinfizientien äußern gegenüber bestimmten Arten von Mikroorganismen eine elektive Wirksamkeit. Es lag der Gedanke nahe, derartige spezifisch wirksame Präparate auch zur Abtötung der Infektionserreger im erkrankten Organismus zu verwenden, d. h. eine innere Desinfektion in die Wege zu leiten. Da die chemotherapeutischen Präparate auf die Organzelle als Gifte wirken, heißt es, eine Dosis ausfindig zu machen, die wohl den Parasiten im Organismus abtötet, ohne die Organzelle zu schädigen. Ehrlich unterscheidet daher zwischen parasitotropen Stoffen, d. h. solchen, deren Avidität zu dem Parasiten größer ist als zu den Organzellen, und organotropen Stoffen, d. h. solchen Giften, deren Avidität zur Organzelle überwiegt. Zur Prüfung derartiger chemotherapeutischer Mittel ist das Tierexperiment ausschlaggebend, da die Versuche in vitro oft ganz paradoxe Ergebnisse zeitigen. Es kann vorkommen, daß im Reagenzglas die stark auf Parasiten wirkende Substanz im lebenden infizierten Körper wirkungslos bleibt, oder daß im Reagenzglase sowohl wie im Tierkörper keine parasitentötende Wirkung durch chemische Substanzen erzielt wird. Endlich kann der Fall eintreten, daß selbst konzentrierte Lösungen von chemischen Substanzen im Reagenzglase wirkungslos sind, während im infizierten Körper selbst in starken Verdünnungen eine spezifisch abtötende Wirkung auf die Infektionserreger nachweisbar ist. Dieses paradoxe Verhalten wird auf Reduktions- oder Oxydationsvorgänge an den eingeführten Präparaten innerhalb des Körpers durch die lebende Zelle bedingt.

Genaueres ist in einschlägigen Werken nachzulesen.

B. Praktische Anwendung der Desinfektionsverfahren.

Im letzten Abschnitt dieses Artikels sollen die praktische Anwendung der Desinfektion, die gesetzlichen Bestimmungen und ihre besonderen technischen Aufgaben besprochen werden.

Die eigentliche Desinfektion kommt zur Anwendung gegen die sowohl von Kranken als auch von scheinbar Gesunden stammenden Krankheitskeime oder bei Menschen, die, ohne sichtlich krank gewesen zu sein, Krankheitserreger ausscheiden (Bazillenträger, Dauerausscheider). Ferner richtet

sich die Desinfektion gegen Krankheitskeime im infizierten Organismus selbst durch therapeutische Maßnahmen (Chemotherapie, innere Desinfektion).

I. Laufende und Schlußdesinfektion.

Die Ausscheidungen des Kranken (Fäzes, Urin, Sputum, Eiter, Schleim) und die durch dieselben infizierten Gegenstände, wie Verbandstoffe, Wäsche, Geschirr, besonders aber auch die Hände des Kranken und der Pfleger müssen durch geeignete desinfektorische Maßnahmen keimfrei gemacht werden. Zeitlich lassen sich die Desinfektionsmaßnahmen einteilen in laufende Desinfektion, d. h. die Desinfektion am Krankenbett im engeren Sinne und in die, die nach Ablauf der Krankheit, sei es durch Genesung oder Wahl eines neuen Krankenzimmers (Krankenhaus) oder durch den Tod einsetzt, die sogenannte Schlußdesinfektion.

Die fortlaufende Desinfektion am Krankenbett ist von außerordentlicher Bedeutung. Alle Ausscheidungen des Kranken, von denen anzunehmen ist, daß sie den bekannten oder unbekannten Infektionserreger beherbergen, sind während der ganzen Dauer der Erkrankung vorschriftsmäßig einer Desinfektion zu unterziehen. Auch die mit der Pflege des Kranken betrauten Personen müssen sich und ihre Kleidungsstücke, sowie es die Lage des Falles erfordert, bestimmten Desinfektionsvorschriften unterziehen. Von den Ausscheidungen des Kranken sind zu beachten: Auswurf aus Rachen, Kehlkopf und Lunge bei Diphtherie, Scharlach, Influenza, Lungenpest u. a., Erbrochenes und Fäzes bei Cholera, Ruhr, Typhus (bei letzterem auch der Urin), Blut, Wund- und sonstige Ausscheidungen (Diphtherie, septische Erkrankungen und Erysipel usw.) und Hautabgänge (Schorfe und Schuppen). Weiter kommen die von Kranken benutzten Gegenstände (Verbände, Waschbecken, Spuckgefäße, Nachtgeschirre, Stechbecken, Badewannen, Eß-, Trinkgeschirre, Bücher, Spielsachen, Bett- und Leibwäsche, Kleidungsstücke, Betten, Decken, Matratzen) für die Desinfektion in Frage. Wertlose Gegenstände sind am besten zu verbrennen.

Da die Ausführung der laufenden Desinfektion je nach der Art der Erkrankung verschieden ist, erscheint es zweckmäßig, auf die für die einzelnen Erkrankungen aufgestellten amtlichen Desinfektionsanweisungen (Erlaß des Ministers für Volkswohlfahrt vom 8. Febr. 1921) hinzuweisen.

Die laufende Desinfektion darf, wenn sie nicht unvollkommen bleiben soll, nicht den Angehörigen überlassen bleiben, sondern muß von einem geschulten Personal ausgeführt werden. Nur so wird sie zu einer wirklichen Waffe in der Seuchenbekämpfung.

Die Schlußdesinfektion bezweckt, alle diejenigen Infektionsstoffe, die der laufenden Desinfektion entgangen sind, zu vernichten. Sie findet erst dann statt, wenn der Kranke das Krankenzimmer definitiv verlassen hat, sei es infolge Genesung oder Tod, so daß eine Neuinfektion nicht mehr zu befürchten ist. Bei der Schlußdesinfektion bestimmter Erkrankungen genügt nicht ein einzelnes Verfahren oder nur ein Desinfektionsmittel, um eine infizierte Wohnung und die darin vorhandenen Gegenstände von den Krankheitserregern zu befreien. Hier werden neben den flüssigen chemischen Desinfektionsmitteln und den mechanischen Faktoren der Reinigung auch gasförmige Desinfektionsmittel herangezogen, wofür alle eben beschriebenen Verfahren in Frage kommen.

Die für die chemische Desinfektion anzuwendenden Mittel sind in der allgemeinen Desinfektionsanweisung für gemeingefährliche Krankheiten

vom 11. April 1907, die auch in die Ausführungsbestimmungen zu dem preußischen Gesetze, betreffend die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten vom 28. August 1905 aufgenommen sind, genannt. Es sind Kresolwasser, Karbolsäurelösung, Sublimatlösung, Kalkmilch, Chlorkalkmilch und Formaldehyd.

Ein neuer preußischer Erlaß vom 7. Jan. 1922 läßt zur Desinfektion tuberkulösen Auswurfes auch 4%iges Alkalilysol und 3—5%ige Parmetolverdünnungen zu. Auch ist in dieser Anweisung darauf verwiesen, daß bei Empfindlichkeit gegen Sublimat andere gleichwertige Mittel verwendet werden dürfen.

Die Schlußdesinfektion hat im letzten Jahrzehnt insofern eine gewisse Erleichterung bzw. Vereinfachung erfahren, als man versucht hat, bei den meisten übertragbaren Krankheiten ohne die Desinfektion sämtlicher Wohnungsteile und Gebrauchsgegenstände durch Formaldehyd auszukommen. Es ist dem Kreisarzt überlassen, in besonderen schwierigen und gefahrdrohenden Fällen von der Desinfektion mit Formaldehyd „erforderlichenfalls" Gebrauch zu machen. Kirstein teilt die Schlußdesinfektion in besondere Gruppen ein, die ich hier wiedergeben möchte.

1. In die chemisch-mechanische Schlußdesinfektion, die bei den meisten übertragbaren Krankheiten mit geringen Abweichungen ausreichend ist.

2. In die Schlußdesinfektion unter Zuhilfenahme der Dampfdesinfektion bei Cholera, möglichst auch bei Tuberkulose.

3. In die Schlußdesinfektion unter Zuhilfenahme der Formaldehyd- und Dampfdesinfektion bei Pocken, Pest und Aussatz.

Beiliegende Anlagen aus Kirstein, Leitfaden der Desinfektion, Verlag J. Springer, 11. Aufl., 1925, entnommen, geben ein Bild über die Überwachung der laufenden Desinfektion seitens des Desinfektors und ein Beispiel der verschiedenen Ausführungsarten der Schlußdesinfektion.

II. Besondere technische Aufgaben der Desinfektion.

Hierher gehört vor allem die Beseitigung und Unschädlichmachung menschlicher und tierischer Exkrete und Abfallstoffe.

1. Sputumdesinfektion.

Die Desinfektion des Auswurfs, Nasen- und Rachenschleims ist gesetzlich vorgeschrieben bei Lepra, Pest, Pocken, Diphtherie, Scharlach, epidemischer Genickstarre, Milzbrand, Rotz und Tuberkulose. Bei letzterer Erkrankung, die besonders häufig vorkommt, ist vor allem eine gründliche Desinfektion des Auswurfs angezeigt.

Schon bald nach der Entdeckung des Tuberkelbazillus beschäftigte man sich mit der Abtötung desselben im Auswurf durch Hitze. Der 15 Minuten mit strömendem Dampf behandelte tuberkulöse Auswurf war nicht mehr virulent. Getrockneter tuberkulöser Auswurf behielt bei Erhitzung im Trockenschrank auf 100° C nach 15—30 Minuten, in einem Fall sogar noch nach 60 Minuten seine Infektiosität (Schill und Fischer). Für die Sputumdesinfektion durch Hitze sind eine große Reihe von Apparaten konstruiert worden, die nicht im einzelnen besprochen werden können.

Ferner ist zur unschädlichen Beseitigung des Auswurfs das Auffangen in verbrennbarem Material (Sägespäne, Holzwolle, Torf, Sägemehl) in verbrennbaren Gefäßen empfohlen, die dann einer Feuerstelle übergeben werden.

Auch die Anwendung chemischer Mittel für die Desinfektion von Auswurf ist wegen seiner gallertigen Beschaffenheit, und weil ein Teil der Bakterien in abgestoßenen Gewebszellen usw. eingeschlossen sind und die Tuberkelbazillen selbst infolge ihrer fett- und wachsähnlichen Hülle sich Desinfektionsmitteln gegenüber resistenter als andere Bakterien verhalten, mit Schwierigkeiten verbunden.

Die Prüfung der keimtötenden Wirkung eines chemischen Desinfektionsmittels im Sputum erfolgt in der Weise, daß das Sputum mit einer bestimmten Menge des betreffenden Mittels (vom bekannten Prozentgehalt) übergossen wird. Nach Umrühren und einer bestimmten Einwirkungszeit wird ein Teil der Sputumlösung mit der Pipette aufgesaugt, in ein Zentrifugenglas gebracht, mit physiologischer Kochsalzlösung vermischt, dann tüchtig zentrifugiert und nach Abgießen der überstehenden Flüssigkeit mehrere Male gewaschen, um das anhaftende Desinfiziens zu entfernen. Dann werden mit dem schleimigen Bodensatz (2—5 ccm) mehrere Meerschweinchen subkutan gespritzt. Die Tiere werden 3—4 Monate beobachtet. Eine Kontrolleinspritzung mit Sputum ohne Zusatz von keimtötendem Mittel ist nicht zu vergessen.

Eine große Zahl von chemischen Präparaten ist für die Sputumdesinfektion empfohlen.

Eine 5‰ige Sublimatlösung wirkt erst nach 1½ Stunden langer Einwirkung auf die Tuberkelbazillen abtötend. Uhlenhuth, Jötten und Hailer empfehlen eine 5%ige Lösung von Alkalysol (eine Kresollauge mit etwa 4% Natriumhydroxyd, 65% Kresolen und einem Emulgens) oder Parmetol (eine Lösung von Chlormetakresol [40 Volumprozent] in Alkali, etwa 9% Natriumhydroxyd) oder 5%ige Kresollaugen (50% Kresol und 5—7,5% Alkali), die, in der doppelten Menge dem Auswurf zugesetzt, etwa 2—4 Stunden, wenn vorher auf 80° erwärmt, nur ½ Stunde einwirken müssen, um die Tuberkelbazillen sicher abzutöten. Weitere alkalische Kresollösungen, wie Parachlorphenol, Chlormetakresol, sind wirksame Präparate. Auch wird das Chloramin (Heyden) in 5%iger Lösung bei einer Einwirkungszeit von 6 Stunden als wirksames Desinfiziens angegeben. Für gebrauchte Wäsche, insbesondere Taschentücher, Bettbezüge, Handtücher sowie Zahn- und Nagelbürsten kommt eine 5%ige Alkalysollösung für 4 Stunden oder eine 5%ige Sublimatlösung für 6 Stunden in Anwendung.

Ein neues zuverlässig wirksames Sputumdesinfektionsmittel ist das „Tusputol", das in 4—5%iger Lösung in doppelter Menge dem Sputum zugesetzt wird. Das Sputum wird in eine homogene zähflüssige Masse umgewandelt. Die Tuberkelbazillen sind nach ½stündiger Einwirkung vernichtet. Hersteller „Ufinol, G. m. b. H." Mühlheim a. d. Ruhr.

Kalkhydrat ist zur Sputumdesinfektion als ungeeignet anzusehen. Auch Uhlenhuth und Jötten haben bei Versuchen mit Ätzkalk keine günstigen Ergebnisse erzielt.

2. Desinfektion von Stuhlgang und Urin.

Was die Methodik der Prüfung von Stuhldesinfektionsmitteln angeht, so ist die öfters geübte Sterilisation des Stuhles mit Dampf und nachfolgender Infektion für den Versuch mit spezifischen Keimen nicht zu gebrauchen, da der Stuhl durch die Dampfbehandlung sehr zerfällt und sich verändert, und die nachträglich eingeimpften Mikroorganismen zu sehr an der Oberfläche haften und somit leicht von dem Desinfektionsmittel erreicht werden. Am geeignetsten erweisen sich für die Prüfung wegen der verschiedenen Zusammensetzung der Entleerungen mehrere frische Krankenstühle. Unter Umständen kann man auch mit normalen Stühlen arbeiten und die Wirksamkeit der Mittel durch die Abtötung der Colibakterien feststellen.

Am Krankenbett erfolgt die Desinfektion am besten mit Kalkmilch oder Chlorkalk. Stechbecken usw. sind mit Lysol oder Sublimat abzuwaschen.

Bei geformtem Stuhl ist eine stundenlange Einwirkung des Desinfektionsmittels notwendig. 5%ige Verdünnungen von Kresollaugen mit 15% Natriumhydroxyd und 50% Rohkresol haben eine günstige Wirkung auch gegenüber geformtem Kot gezeigt; sie bringen den Stuhl zum Zerfall und schaffen für das Desinfektionsmittel somit günstigere Verhältnisse.

Die Fäkaliendesinfektion im großen geschieht in Spitälern in einem besonderen Apparat durch Auskochen aller infizierten Gefäße samt Inhalt am besten zur Vermeidung übler Gerüche in Kaliumpermanganatlösung. Die Latrinendesinfektion geschieht mit Kalkmilch oder Chlorkalk, und zwar rechnet man für 1 cbm Latrineninhalt 10 kg Chlorkalk und für Abwässer mindestens das Verhältnis von 1 : 1000 bei einer 2stündigen Einwirkungsdauer.

Für die Desinfektion des Grubeninhaltes wird auch das Saprol besonders wegen seiner desodorisierenden und desinfizierenden Eigenschaften und seiner Billigkeit empfohlen. Saprol (vgl. oben S. 659) ist ein Gemisch von 80 Teilen roher (ca. 50—60%iger) Karbolsäure mit 20 Teilen Mineralöl und enthält 40—45% Kresol. Da es leichter als Wasser ist, schwimmt es auf der Oberfläche und verhindert so das Entweichen von Fäulnisgasen. Es gibt dabei stets Kresole an die zu desinfizierende Flüssigkeit ab. Bei gröberen Stuhlmassen kann der Desinfektionseffekt erst nach mehreren Tagen garantiert werden. Günstige Ergebnisse hat die Desinfektion der Fäkalien mit Torfmull aufzuweisen, dessen bakterienabtötende Wirkung durch Zusatz von Superphosphat, von Säuren (Schwefel- und Phosphorsäuren bei 10%) erhöht werden kann. Es ist aber zur Erzielung einer sicheren Abtötung für eine gute Durchmischung der Fäkalien mit dem sauren Torfmull unbedingt Sorge zu tragen (Rührwerk).

In 2%igem Schwefelsäure-Torfmull werden Choleravibrionen in wenigen Stunden abgetötet, während die gegen Säure resistenten Typhusbazillen in diesem Gemisch oft bis zu 12 Tagen lebensfähig bleiben.

Die Urindesinfektion gelingt mit Leichtigkeit mit den gebräuchlichen Mitteln.

3. Händedesinfektion.

Hier muß zunächst unterschieden werden zwischen den auf der sogenannten Tageshand sich befindenden normalen Keimen, die auch beim Hineingelangen in Wunden unschädlich und hygienisch ganz unbedenklich sind, und solchen Keimen, die durch Berührung mit bakterienhaltigen Gegenständen auf die Haut gelangen. Die pathogenen Keime können sich auf der Haut nicht wesentlich vermehren. Die saprophytischen Keime sitzen aber nicht nur in den Talg- und Schweißdrüsen, sondern auch in den engen, blind endigenden Spalten der Haut. Auch ist zu bedenken, daß die Keime nicht oberflächlich liegen, sondern in dünnen Schmutzschichten, die von der Berührung mit Urin, Sputum, Kot, Eiter oder beschmutzten Gegenständen herrühren, eingelagert und darin eingetrocknet sind. Soll also ein Desinfektionsmittel wirken, so muß es die Haut gut benetzen, die Schmutzteilchen und auch die mit Fett überzogenen Flächen auflösen und eine hohe Kapillarität besitzen, um in die engen Drüsenausführungsgänge und Spalten aufsteigen zu können.

Bei der hygienischen Prüfung der Händedesinfektion können die Keime der Tageshand nicht als Testobjekte dienen. Es muß zur künstlichen Infektion, für die sich das Bacterium coli in Bouillonkultur gut eignet, geschritten werden. Mit dieser Kultur getränkte Filtrierpapier-

streifen werden in der Hand ordentlich geknetet und auch auf den Fingerkuppen verrieben. Vielfach ist auch ein Desinfektionsversuch mit Bacterium prodigiosum ausgeführt worden. Staphylokokken werden wegen ihrer allzu großen Widerstandsfähigkeit für Händedesinfektionsversuche abgelehnt. Nach dem Eintrocknen der Bakterienauftragung auf die Haut erfolgt die Behandlung mit dem zu prüfenden Desinfektionsmittel. Es ist aber geboten, nach dem Waschen das der Haut noch anhaftende Desinfektionsmittel durch Fällungs- oder Neutralisationsmittel zu entfernen, da sonst das Desinfiziens in das Nährmedium mit überführt wird und somit infolge seiner entwicklungshemmenden Wirkung das Versuchsergebnis trübt. Bei den Versuchen mit Sublimat ist daher eine ausgedehnte Behandlung mit Schwefelammonium geboten.

Es genügt nicht etwa, wie man früher glaubte, die Wirkung eines Händedesinfiziens dadurch zu prüfen, daß man einen Fingerabdruck auf sterilen Nährboden machen läßt und die Keimfreiheit dieses Fingerabdruckes als Beweis für die gelungene Desinfektion der Haut ansieht; es muß vielmehr durch energische mechanische Bearbeitung der Haut geprüft werden, ob auch die tieferen Schichten der Haut keimfrei geworden sind. Besondere Aufmerksamkeit ist dabei auf den Nagelfalz und den Unternagelraum zu richten, an welchen Stellen sich die Bakterien besonders leicht halten.

Von Paul und Sarwey ist für diesen Zweck ein allseitig geschlossener Händeuntersuchungskasten angegeben worden, in welchem ohne Hinzutreten von Infektionskeimen von außen die Desinfektionsprüfung erfolgen kann.

Für gewöhnlich wird folgendes bakteriologisches Prüfungsverfahren am besten in Anwendung kommen.

Prüfung der Hände gesondert, d. h. jede Hand für sich vor und nach der Desinfektion.

Filtrierter Agar (45—50 ccm) wird im Erlenmeyerkölbchen im Wasserbade flüssig gemacht, dann auf 45° C abgekühlt. Von einer zweiten Person wird der Agar in dünnerem Strahle langsam über den Handrücken und in die hohle Hand gegossen und dabei mit der betreffenden Hand tüchtige Waschbewegungen gemacht, wobei besonders der Daumen kräftig die Nagelfalze der übrigen 4 Finger abreibt und die Fingerbeeren kräftig von den Nagelenden abzieht, so daß der Agar ausgiebig die subungualen Räume durchfließen kann. Der abfließende Agar wird in sterilen Petrischalen aufgefangen. Für jede Hand werden ca. 35 ccm Agar gebraucht. Nach 24- resp. 48stündigem Aufenthalt im Brutschrank bei 37° C Auszählung der Platten auf die Keimzahl.

Neufeld empfiehlt für den Nachweis der durch das Desinfektionsmittel erfolgten Keimabnahme das von Schumburg angegebene Verfahren; hier werden die Finger jeder Hand ¾ Minuten lang in einer Petrischale mit flüssigem Drigalski-Agar durch reibende Bewegungen ausgedrückt und die Unternagelräume mit dem Daumennagel besonders bearbeitet. Es ist zweckmäßig, wegen der großen Unterschiede in der Fähigkeit der Keimaufnahme der Haut mehrere Personen für einen Händedesinfektionsversuch heranzuziehen. Nach mehrtägiger Bebrütung der Agarplatten bei 37° C müssen die gewachsenen Kolonien mit der Wolffhügelschen Zählplatte ausgezählt werden.

Neben der hygienischen Händedesinfektion, die darauf bedacht ist, die der Hand anhaftenden Keime zu entfernen und abzutöten, spricht man von der chirurgischen Händedesinfektion, deren Ziel es ist, jede Übertragung von Keimen von der Hand des Chirurgen auf das Operationsfeld zu vermeiden.

Eine wirksame Händedesinfektion läßt sich durch chemische Mittel nicht erreichen, es muß ihr eine gründliche mechanische Reinigung vorausgehen. Wird zwischen der letzteren und der chemischen Reinigung eine Waschung mit starkem Alkohol (nicht unter 80%) eingeschaltet, erhöht sich der Desinfektionseffekt (Fürbringer). Der Alkohol spielt einmal

eine vorbereitende Rolle für die nachfolgende chemische Desinfektion, indem er, abgesehen von seinem fettlösenden Vermögen, ein starkes Diffusionsvermögen besitzt und infolgedessen tief in die Haut eindringt; außerdem entfaltet er auch eine direkte bakterizide Wirksamkeit. Auf den eben genannten Versuchen beruhen:

1. Die Fürbringersche Methode. Anwendung von Seife, Waschung 1 Minute mit 80%igem Alkohol und Sublimat.

2. Die Ahlfeldsche Methode (Heißwasseralkoholdesinfektion). Anwendung von Seife und heißem Wasser 3 Minuten lang; darauf gründliche Behandlung der Hand (Nagelfalze und Unternagelraum) mit 96%igem Alkohol.

Weitere Händedesinfektionsmethoden:

3. Die Methode von Mikulicz, Waschung mit offizinellem Seifenspiritus (3 Minuten lang).

4. Die Methode von Schumburg. Gründliches Abreiben der Hände mit Alkohol mittels Wattebausch. Später empfahl Schumburg eine Waschung mit einer Alkohol-Äthermischung (2 : 1) + 0,5% Salpetersäure oder 1% Formalin.

5. Herff ersetzt den Ätherzusatz der Schumburgschen Methode durch Aceton.

6. Waschung mit warmem Wasser und Seife, gründliche Nageltoilette, Trocknen der Hände mit sterilem Handtuch, Alkoholdesinfektion 3—4 Minuten lang.

7. Desinfektion mit Lysol, Sublimat, Sublamin in den entsprechenden Verdünnungen.

8. Methode von Gocht. Waschung der Hände mit Gipspulver und warmem fließenden Wasser unter Gebrauch von Bürste und Nagelreiniger 10 Minuten mit darauffolgender Desinfektion mit 70%igem Alkohol mit Mulltupfer.

Da keine der angeführten Händedesinfektionsmethoden eine vollkommene Keimfreiheit der Hände garantiert, hat man nach Auswegen gesucht. Sterile Gummihandschuhe, die während der Operation getragen werden, geben eine gewisse Sicherheit für keimfreies Arbeiten. Wenn auch die Hand unter dem Gummihandschuh infolge der ihr vom Waschen noch anhaftenden Feuchtigkeit schwitzt und dadurch aufquillt und zahlreiche Bakterien aus den Hauttiefen an ihre Oberfläche bringt, so ist doch das Operationsfeld gegen die Bakterien durch den Gummihandschuh geschützt. Daß während der Operation aber unter dem Handschuh eine Keimzunahme von der Hand aus erfolgt, ist durch die Versuche von Gottstein und Blumberg an Zwirnhandschuhen, die unter Gummihandschuhen getragen wurden, nachgewiesen, welche die Keime in den Maschen zurückhalten und nicht an die Wunde abgeben. Weiter wurde versucht, durch Handanstrich mit leicht erstarrenden, elastischen, desinfizierenden, ölig-harzigen Flüssigkeiten, die sich in der Gewebsflüssigkeit nicht zu lösen vermögen, einen undurchlässigen Überzug auf der Haut zu schaffen. Präparate, wie z. B. Chirol, eine Lösung von Hartharzen oder Chirosoter, eine Lösung von Jod und wachsartigen Substanzen in Tetrachlorkohlenstoff, ferner Dermagummit, eine jodhaltige Kautschuklösung, haben sich aber, wie die zahlreichen Nachprüfungen gezeigt haben, durchaus nicht bewährt.

4. Die Ungezieferbekämpfung.

Die Ungezieferbekämpfung ist wegen der ungeheueren Gefahr, die das Ungeziefer als Überträger von Krankheitskeimen bietet, zu einer der wichtigsten Aufgaben der Hygiene geworden. Als Überträger von Infektionskrankheiten kommen für Malaria und Gelbfieber gewisse Stechmücken, für Fleckfieber und Rekurrens Kleiderläuse, für Pest Flöhe in Betracht.

Der Kampf gegen die Stechmücken ist durch Beseitigung der Brutplätze (Wasseransammlungen in Tümpeln, Gräben und Sümpfen), Vernichtung der Larven und Puppen durch chemische Mittel (Petroleum, Floria, Larviol für nicht verunreinigtes Wasser, Saprol für verunreinigte Gewässer, ¼ l auf 10 qm Oberfläche) und durch Vernichtung der Mücken in ihren Winterverstecken durch Abbrennen oder Bespritzen mit einer 3%igen Lösung von Floria-Insektizid (Firma Nördlinger, Flörsheim) mit Erfolg durchgeführt worden. Auch Ausräuchern mit folgendem Mischpulver ist empfehlenswert:

2 Teile gepulverter spanischer Pfeffer,
1 Teil Dalmatiner Insektenpulver,
1 Teil Baldrianwurzel,
1 Teil gepulverter Kalisalpeter.

Die Mischung wird in flachen Schalen verbrannt, und zwar 1 Eßlöffel voll auf je 10 cbm Raum. 2—3stündige Einwirkung des Dampfes genügt, um die Mücken zu betäuben, die dann zusammengekehrt und verbrannt werden müssen.

Läuse und Flöhe, die in der Kälte sehr widerstandsfähig gegen Hunger sind und deren Eier (Nissen bei Läusen) auch durch niedere Temperaturen nicht geschädigt werden, müssen durch ein sicher wirkendes Vertilgungsmittel vernichtet werden.

Die Kleiderlaus (Pediculus vestimenti) legt ihre Eier in den Nähten und Falten der Wäsche und Kleider ab, ferner unter Knöpfen am Rande von Knopflöchern, Wollhaaren der Kleider, Körperhaaren (Achsel-, Scham-, Aftergegend, Bart und Augenbrauen). Sie lebt in der Hauptsache in den Kleidungsstücken, in der Leibwäsche und in den Betten.

Die Entlausung hat sich demnach auf Personen, auf die einzelnen Gegenstände (Kleider, Wäsche usw.) und auf die Wohnräume zu erstrecken.

Im folgenden seien die zur Entlausung dienenden Mittel aufgezählt, wie sie in der Anweisung zur Bekämpfung des Fleckfiebers, amtliche Ausgabe 1920, Verlag von Julius Springer, angeführt sind.

1. Verdünntes Kresolwasser (2,5%).

Es wird geraten, dieses verdünnte Kresolwasser nochmals mit gleichen Teilen Wasser zu verdünnen, da Läuse schon durch eine 1%ige Lösung abgetötet werden.

2. Karbolsäurelösung (1 Gewichtsteil Acid. carbolic. liquifact. + 20 Gewichtsteile Wasser).

3. Wasserdampf, der mindestens die Temperatur des siedenden Wassers hat (Dampfdesinfektionsapparat).

4. Auskochen in Wasser mit Sodazusatz.

5. Trockene Hitze (Heißluftkammern).

Temp. von 45° C töten die Läuse in 1 Stunde ab,
„ „ 55° C „ „ „ „ ¾ Stunden ab,
„ „ 60° C „ „ „ „ 15—20 Minuten ab.

Für die Abtötung der Eier gelten folgende Zahlen:

Temp. von 54° C töten sie in 1¼ Stunde ab,
„ „ 60° C „ „ „ 1 Stunde ab,
„ „ 80° C „ „ „ 15 Minuten ab.

6. Verbrennen.

7. Schweflige Säure. Sie wird erzeugt:

a) Durch Verbrennen von Schwefel in besonderen Apparaten oder in einer ca. 150 cm langen, an beiden Enden durch angeschweißte Ver-

schlußstücke abgeschlossenen rinnförmigen Wanne aus Eisenblech, die mit Schamotterde oder einer ähnlichen unverbrennbaren Masse ausgekleidet und auf Spreizfüßen (50 cm hoch) befestigt ist. Sehr zweckmäßig sind die „Hya"-Apparate, in denen durch den bei der Verbrennung entstehenden Auftrieb von heißer Luft die Verteilung des SO_2 im Raume befördert wird.

b) Durch Verbrennen von Schwefelkohlenstoff. Wegen der großen Feuergefährlichkeit des Schwefelkohlenstoffs, der beim Anzünden explosionsartig aufbrennt, wird er zuvor mit Wasser und Brennspiritus in der Menge von je 5 Volumenprozent versetzt. Verbrennung in eisernen Schüsseln oder Pfannen, vorsichtiges Anzünden, sofort den Raum verlassen.

Einwirkungszeiten und Mengenverhältnisse bei Anwendung verschiedener Entlausungsverfahren. — Tabelle aus Spitta, Grundriß der Hygiene (Verlag Julius Springer, Berlin 1920).

	Muß einwirken Stunden:	Notwendige Menge oder Konzentration:
Strömender Dampf von 100—105° . .	½	—
Trockene Hitze von 80°	1—2	—
1% Kresolwasser	2	—
Schweflige Säure aus Bomben (1 cbm SO_2 wiegt 2,864 kg), Einleitung von außen	6	2—3 Vol%*)
Schwefel mit Spiritus verbrannt (40 ccm Spiritus für 1 kg Schwefel)	6—7	25—50 g**) für den cbm Raum
Schwefelkohlenstoffgemisch (Salforkose) verbrannt	6—7	40 g für den cbm Raum
Schwefelkohlenstoff†) unverbrannt verdunstend	7—24	250—100 ccm***) für den ccm Raum

Tabelle

zur Bestimmung der für die Wohnungsdesinfektion anzuwendenden Mengen von Schwefelkohlenstoff mit Zusatz von Brennspiritus und Wasser.

Raumgröße in cbm	Schwefelkohlenstoff Menge in ccm	Zusatz von Brennspiritus in ccm	Zusatz von Wasser in ccm
10	310	15	15
20	620	30	30
30	850	40	40
40	1000	50	50
50	1130	55	55
60	1300	65	65
70	1440	72	72
80	1580	80	80
90	1730	85	85
100	1900	95	95

*) 60—90 g für den Kubikmeter Raum.
**) Bei größeren Räumen sind größere Mengen anzuwenden.
***) Bei kürzerer Zeit ist die größere Menge anzuwenden.
†) Bei der Benutzung des Schwefelkohlenstoffes ist seine Feuergefährlichkeit und Giftigkeit zu berücksichtigen.

Ein Präparat, das hauptsächlich aus Schwefelkohlenstoff besteht, ist „Salforkose", zu beziehen durch die Fabrik chemisch-pharmazeutischer Produkte von A. Scholtz in Hamburg. Auf je 100 cbm Raum sind je 6 l Salforkose zu verbrennen.

Ein Salforkoseersatzpräparat für die teure Salforkose ist dadurch herzustellen, daß man 90 Volumteile Schwefelkohlenstoff mit je 5 Volumteilen Brennspiritus und Wasser versetzt. Durch die Zusätze zum Schwefelkohlenstoff wird eine Explosionsgefahr vermieden. Vor dem Gebrauch ist ein tüchtiges Umschütteln der Flüssigkeit notwendig. Für die Verwendung von Salforkose ist ein besonderer Apparat konstruiert, der aus einem inneren Kessel zur Aufnahme der zu verbrennenden Salforkose aus einem auf Füßen stehenden äußeren Kessel und aus einem Verteilungsteller besteht, der mit seinem zungenartigen Ansätzen auf der Wandung des äußeren Kessels ruht.

c) Durch Verwendung flüssiger schwefliger Säure in Stahlflaschen, wodurch jede Feuergefahr ausgeschlossen ist. Die Stahlflasche wird bei kühler Außentemperatur in ein Gefäß mit warmem Wasser (40 bis 50° C, nicht heißer!) gestellt. Durch stetes Nachgießen von warmem Wasser ist die Temperatur auf der gleichen Höhe zu halten. Von der Flasche führt ein Gummischlauch durch eine Öffnung in das am besten vorher geheizte Zimmer. Um nicht zu große Mengen von Säuren zu verlieren, verfährt man am besten folgendermaßen:

Die mit schwefliger Säure gefüllte Flasche wird auf einer Dezimalwage gewogen. Nach Herstellung des Gleichgewichtes nimmt man so viel Gewichtsstücke fort, als das Gewicht des zum Ausströmen bestimmten Gases betragen soll. Nach Öffnung des Hahnes läßt man das Gas so lange ausströmen, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Dann erst wird die Zuleitung gesperrt. Die schweflige Säure hat den Nachteil, daß sie Metallteile angreift, gefärbte Stoffe bleicht und Nahrungsmittel u. dgl. schädigt.

Tabelle
zur Entlausung bzw. Desinfektion mit schwefliger Säure.
Um einen Gehalt von 4 Volumprozent mit schwefliger Säure in dem Raume zu erzielen, sind erforderlich:

1. Bei Verbrennung von Schwefel in Stücken			2. Bei Verbrennung von Salforkose bzw. Salforkoseersatz
Raumgröße in cbm	Schwefelmenge in g	Brennspiritus in ccm	Salforkose bzw. Salforkoseersatzmengen in ccm
10	600	25	600
20	1200	50	1200
30	1800	75	1800
40	2400	100	2400
50	3000	125	3000
60	3600	150	3600
70	4200	175	4200
80	4800	200	4800
90	5400	225	5400
100	6000	250	6000
110	6600	275	6600
120	7200	300	7200
130	7800	325	7800
140	8400	350	8400
150	9000	375	9000

Man rechnet in der Regel bei gut abdichtbaren Räumen mit 2 Volumprozent schwefliger Säure bei 6 Stunden langer Einwirkung. Auch hier ist es, wie bei der Formalindesinfektion, notwendig, Kleider, Decken usw. einzeln auszubreiten oder an Gestellen usw. aufzuhängen. Taschen der Kleidungsstücke sind zu entleeren und umzudrehen.

Für die Entlausung der Wohnung eines Fleckfieberkranken ist die Menge der zu verwendenden schwefligen Säure auf 3 Volumprozent zu erhöhen bei einer Einwirkungsdauer von nur 4 Stunden. Dasselbe gilt für schlecht abdichtbare Räume.

Nach der Anweisung zur Bekämpfung des Fleckfiebers sind auf je 10 cbm Luftraum zur Erzeugung von schwefliger Säure erforderlich in einer Menge von

	2 Volumprozent	3 Volumprozent
a) Schwefel in Stücken	300 g	450 g
b) Schwefelkohlenstoffgemisch	400 g	600 g
c) flüssige schweflige Säure in Stahlflaschen .	600 g	900 g

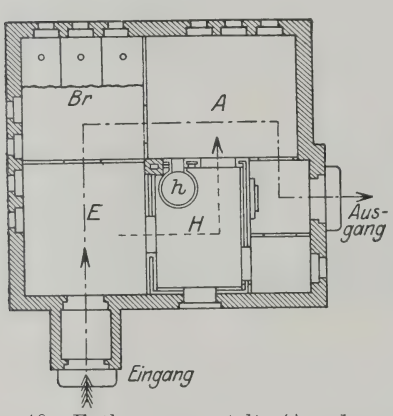


Fig. 19. Entlausungsanstalt. (Aus den Veröffentl. der Deutschen Gesellschaft für Volksbäder.) Schema für ein kleines Brausebad — 3 Brausen — mit Entlausung der Kleidungsstücke usw. in Heißluftkammer mit Heißluftofen. *Br* = Brauseraum, *H* = Heißluftkammer, *E* = Entkleidungsraum, *A* = Ankleideraum, *h* = Heißluftofen.

Die Entlausungen, die wegen der Feuersgefahr nur von geschulten erfahrenen, behördlich zugelassenen Personen ausgeführt werden sollen, werden am besten in eigens eingerichteten und geräumigen Kammern oder eventuell in Möbelwagen usw. unterhalten.

Ein während des Weltkrieges zur Ungezieferbekämpfung in Deutschland in größerem Umfange angewandtes Gas ist die Blausäure, die aus Zyannatrium und Schwefelsäure im Raume selbst entwickelt wird, und bei deren Anwendung wegen ihrer außerordentlichen Giftigkeit und neben ihrer geringen Wahrnehmbarkeit (bittermandelartiger Geruch) größte Vorsicht geboten erscheint. Tödliche Dosis reiner gasförmiger Blausäure = 0,06 g = 50 ccm.

Über die Art der Verwendung von Blausäure sind vom preußischen Kriegsministerium unter dem 9. Juli 1919 besondere Anweisungen erlassen worden. Die Ausgasung einzelner Räume in bewohnten Häusern mit Blausäure wurde durch Erlaß des Reichswehrministeriums vom 12. Dez. 1919 verboten und dafür Schwefeldioxyd vorgeschrieben. Heute darf das Blausäureverfahren nur von besonders damit beauftragten Stellen (Deutsche Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung, Frankfurt a. M.) unter Berücksichtigung aller Vorsichtsmaßregeln, vollständige Räumung der zu durchgasenden Behausung, Absperrung usw. ausgeführt werden.

Für 25 cbm Luftraum rechnet man z. B.

2 l Wasser, 2 l 60%ige Schwefelsäure und 1,5 kg Cyannatrium.

Läuse und Nissen werden nach 2 Stunden langer Aussetzung durch Blausäuredämpfe von 2 Volumprozent Konzentration sicher abgetötet. Für Wohnräume genügt eine Konzentration von 1 Volumprozent bei einer

6stündigen Einwirkungsdauer. Die Blausäuredämpfe haben den Vorteil der großen Durchdringungsfähigkeit, der leichten Entfernung durch Lüftung und der Unschädlichkeit für alle Stoffe.

Wegen der Gefährlichkeit der Blausäure wird neuerdings das sogenannte Zyklon für die „Entwesung" der Wohnräume benutzt, das aus Cyankohlensäureester besteht und schon in geringen Mengen infolge seines Gehaltes an Chlorkohlensäureester einen starken Hustenreiz hervorruft. Es wird, da es eine Flüssigkeit darstellt, aus besonders gebauten Messinggefäßen durch Luftdruck versprüht und durch ein besonderes Rohr in den zu behandelnden Raum geleitet. Nach mehrstündiger Einwirkung des „Zyklon"-Gases muß das Zimmer gelüftet werden. Das Zimmer darf in der folgenden Nacht, selbst wenn der Reizstoff verschwunden ist, nicht betreten oder zum Schlafen benutzt werden.

Wie wird nun die Entlausung im einzelnen ausgeführt?

Siehe auch den Gang der Entlausung mit schwefliger Säure bei Fleckfieber, Rückfallfieber aus Formular der Anweisung aus Kirstein, Leitfaden der Desinfektion (Verlag Julius Springer, Berlin 1925).

Der mit der Entlausung Beauftragte muß sich vor allem vor der Aufnahme von Läusen schützen. Er legt daher am besten einen Schutzanzug an, der an den Öffnungen der Hände und Füße durch Heftpflasterstreifen eng geschlossen wird, so daß die Läuse nicht hineinkriechen können. Am besten wird der Kopf auch durch eine eng anschließende Kappe geschützt. Tragen von Gummihandschuhen und hohen Stiefeln verleiht weiteren Schutz. Nach der Entlausung wird der ganze Anzug entweder im Dampfofen oder mit schwefliger Säure desinfiziert. Der Desinfektor selbst nimmt ein Reinigungsbad.

Die verlausten Personen werden in einem geeigneten Raume auf einem mit verdünntem Kresolwasser, 5%iger Karbolsäurelösung oder Petroleum getränkten Laken, um ein Verstreuen der Läuse zu verhüten, entkleidet. Brustbeutel, Bruchbänder usw., Gegenstände, an denen die Läuse haften, werden durch den Arzt oder nach dessen Anweisung entfernt. Die vollständig entkleideten Personen werden dann in einem Wannen- resp. Brausebad gründlich mit warmem Wasser und Schmierseife gewaschen. Nacken, die Gegend zwischen den Schulterblättern, über dem Kreuzbein, die Schamgegend bis in die Gesäßspalte sowie die Achselhöhlen sind am besten mit weißer Präzipitatsalbe einzureiben und dies nach 8 Tagen zu wiederholen. Bei starker Verlausung wird zur Enthaarung geraten (Rasieren). Bei Personen, die außer Kleiderläusen auch Kopf- und Filzläuse an sich haben, kommt eine Entfernung der Kopfhaare mit einer Haarschneidemaschine in Frage mit nachfolgender Reinigung der geschorenen Stellen mit warmem Seifenwasser. Bei weiblichen Personen tränkt man die Haare reichlich mit läusetötenden Mitteln (Sabadilessig, Petroleum, Perubalsam) und umhüllt den Kopf 12—24 Stunden lang mit einer Badehaube oder einem festsitzenden Tuche. Ein Abschneiden der Kopfhaare kann durch Anwendung des Kupferpräparates „Cuprex" Merck, einem rasch und sicher wirkenden läusetötenden Mittel, vermieden werden. Das Präparat wird unverdünnt kräftig in die Haare eingerieben. Nach 1 Stunde werden die Haare mit warmem Wasser und Seife abgewaschen, getrocknet und mit Nißkakamm (Firma Mückenhaupt, Nürnberg) behandelt, mit dem die Nissen leicht und schmerzlos entfernt werden. Zur Vertilgung der Filzläuse sind die befallenen Stellen mit grauer Salbe oder mit weißer Präzipitatsalbe gründlich einzureiben. Eventuell Wiederholung nach 8 Tagen.

Nach dem Baden werden die entlausten Personen in einem läusefreien Raume vollkommen mit frischer Wäsche und reinen Kleidern versehen oder in ein reines Bett gebracht, um die Desinfektion ihrer verlausten Kleider abzuwarten. Die benutzten Handtücher und Laken werden in verdünntes Kresolwasser oder 5%ige Karbolsäurelösung gelegt. Der Fußboden, auf dem die mit Läusen behafteten Personen vor der Reinigung gestanden oder auf dem ihre Sachen gelegen haben, ist sorgfältig mit Kresolwasser oder 5%iger Kresolsäurelösung abzuwaschen. Auch die Badewanne ist nach der Benutzung in der gleichen Weise zu reinigen. Für eine scharfe Trennung der reinen läusefreien Seite von der unreinen verlausten Seite ist beim Bau derartiger Entlausungsanstalten Sorge zu tragen.

Leib- und Bettwäsche, sowie waschbare Kleidungsstücke sind 2 Stunden in verdünntes Kresolwasser oder 5%ige Karbolsäurelösung zu legen oder in Sodawasser auszukochen oder mittels Wasserdampf, trockener Hitze, schwefliger Säure oder mit Blausäuredämpfen zu behandeln. Wäsche mit Kot-, Blut- und Eiterflecken ist dagegen nicht mit Wasserdampf zu behandeln.

Bei Anwendung von trockener Hitze wird zweckmäßig das Kleiderfutter nach außen gewendet und die Taschen umgedreht. Nasse Kleider und Wäsche sind vor der Anwendung der schwefligen Säure oder der Blausäuredämpfe zu trocknen und nach der Entlausung noch mindestens 1 Stunde im Freien zu lüften, zu klopfen und zu schütteln; hierauf sind sie in einem warmen Raum einem starken Luftzug einige Zeitlang auszusetzen und schließlich nochmals zu klopfen und zu schütteln.

Kleidungsstücke, die nicht waschbar sind, Federbetten, wollene Decken, Matratzen ohne Holzrahmen, Teppiche, Bettvorlagen werden in einem Dampfapparat oder mit trockener Hitze oder schwefliger Säure oder auch Blausäuredämpfen entlaust.

Pelzwerk und Ledersachen werden mit schwefliger Säure oder Blausäuredämpfen entlaust. Lederzeug kann auch auf 2 Stunden in verdünntes Kresolwasser oder 5%ige Karbolsäurelösung gelegt und alsdann zum Trocknen aufgehängt werden.

Kämme und Bürsten werden 2 Stunden in verdünntes Kresolwasser oder 5%ige Karbolsäurelösung eingelegt.

Gummigegenstände werden am besten mit einem Lappen abgerieben, der mit verdünntem Kresolwasser oder 5%iger Karbolsäurelösung getränkt ist.

Waschbecken und Badewannen sind nach ihrer Entleerung, ebenso Bettstellen, Nachttische, Wand und Fußboden gründlich mit verdünntem Kresolwasser oder 5%iger Karbolsäurelösung auszuscheuern und dann mit Wasser auszuspülen.

Samt, Plüsch und andere Möbel werden mit verdünntem Kresolwasser durchfeuchtet, feucht gebürstet und mehrere Tage hintereinander gelüftet.

Gegenstände von geringerem Wert werden verbrannt.

Die Entlausung geschlossener oder allseitig gut abschließbarer Räume geschieht nach Abdichtung mit schwefliger Säure oder Blausäuredämpfen.

Wo kein Dampfdesinfektionsapparat vorhanden ist, kann ein solcher unter Verwendung eines vorhandenen Dampfkessels (Lokomobile) und durch Anschließung an eine Tonne improvisiert werden. Noch einfacher verfährt man durch Aufsetzen einer Tonne mit durchlöchertem Boden über einem Waschkessel, wobei mit Lehm eine Abdichtung zwischen dem Kessel und der Tonnenwand geschafft werden muß. Im Notfall kann die Entlausung auch in einem Backofen durch trockene Hitze erfolgen, wobei eine Temperatur von 80° wenigstens 2 Stunden einwirken muß.

Die Unschädlichmachung von Fliegen richtet sich zunächst auf die Vernichtung der Brutstätten, auf die Beseitigung der Abfallstoffe resp. Übergießung derselben mit Chemikalien, wie z. B. Kalk, Chlorkalk, Eisensulfat, Schieferöl, Saprol und in der Fernhaltung und Bekämpfung der Imagines selbst durch Abflammen mit der Lötlampe oder durch Ausräuchern.

Präparate wie Fliegenleim usw. bringen nur geringen Nutzen. Dagegen haben sich, z. B. 10%ige Formalinlösungen mit Zusätzen von Milch

oder Zucker, ferner Arsenik mit Zuckerlösungen oder Bier gemischt, Milch mit Chloroformzusatz, bewährt.

Die Rattenbekämpfung spielt in den Seehäfen und auf den Schiffen mit pestkranken Personen eine große Rolle. Bevor das Schiff anlegt, wird die Rattenvernichtung vorgenommen, und zwar durch Einleiten rattentötender Gase, wie Schwefeldioxyd (s. oben Clayton-Apparat) oder Generatorgas, das eine Mischung von Kohlenoxyd mit Kohlensäure und Luftstickstoff darstellt. Das Generatorgas wird durch Verbrennen von Koks mit ungenügender Sauerstoffzufuhr erzeugt, wobei die Konzentration an Kohlenoxyd 5—8% nicht überschreiten darf, um Explosionen zu vermeiden. Die auf einem Leichter montierte Anlage besteht aus dem Generator, dem Gasreinigungs- und Kühlapparat, dem Ventilator, der das Gas in die zu durchgasenden Räume drückt, und der zum Betrieb dienenden Maschinen. Es wird nach Abdichtung der Räume und Entfernung sämtlicher Personen und Haustiere usw. so viel Gas eingeleitet, als dem halben Kubikinhalt der Räume ohne Ladung entspricht. Einwirkungsdauer bei pestverdächtigen Schiffen 4 Stunden, sonst nur 2 Stunden; hierauf lüften. Das Wiederbetreten der Räume ist erst dann erlaubt, wenn in Käfigen herabgelassene Mäuse oder Ratten nach 2 stündigem Aufenthalt bei geschlossenen Entlüftungsklappen am Leben bleiben. Das Generatorgas tötet nicht Flöhe. Es schädigt im Gegensatz zu Schwefeldioxyd die Waren nicht, hat aber den Nachteil der hohen Giftigkeit bei völliger Geruchlosigkeit.

Anlagen aus Kirstein, Leitfaden der Desinfektion für Desinfektoren und Krankenpflegepersonen, 11. Aufl. (Verlag Julius Springer, Berlin), **über den Gang der Desinfektion bzw. Entlausung.**

Anlage A.

Gang bei der Überwachung der laufenden Desinfektion seitens des Desinfektors *):

a) Jedesmal mitzuführende Gegenstände:

1. 1 Tasche aus Segeltuch zur Aufnahme der folgenden Utensilien,
2. 2 waschbare Überkleider, jedes in einem besonderen Leinwandbeutel (wenn mehrere Desinfektionen bei verschiedenen Krankheiten auf demselben Rundgange zu überwachen sind, entsprechend mehr Überkleider),
3. 4 Handtücher,
4. einige weiche Wischtücher,
5. 1 Scheuerbürste,
6. 1 emailliertes Waschbecken, 1 Handbürste, 1 Nagelreiniger,
7. 1 l Kresolseifenlösung,
8. 50 Sublimatpastillen à 1 g,
9. ¼ kg Soda (in Blechdose),
10. 2 kg frischen Chlorkalk in Blechgefäß (in ländlichen Verhältnissen meist entbehrlich),
11. 2 Meßgefäße (zu 1 l und ½ l, letzteres mit Teilstrichen).

Anmerkung: Bei der fortlaufenden Desinfektion wegen Typhus, Paratyphus, Ruhr und Cholera ist noch eine ausreichende Menge Ätzkalk und etwas rotes Lackmuspapier mitzuführen bzw. zu beschaffen.

Bei der fortlaufenden Desinfektion wegen Tuberkulose ist anstatt 1 l Kresolseifenlösung 1 l Alkalysol oder 1 kg Rohchloramin mitzuführen.

---

*) Für die Beschaffung der zur fortlaufenden Desinfektion notwendigen Gerätschaften und Desinfektionsmittel hat der Haushaltungsvorstand oder im Falle des Unvermögens der jeweils hierzu verpflichtete Verband zu sorgen. Insoweit die zur Desinfektion notwendigen Gerätschaften und Desinfektionsmittel nicht zur Stelle sind, hat der Desinfektor den Haushaltungsvorstand um deren Beschaffung höflichst zu ersuchen, im Weigerungsfalle hat er hiervon seinem Vorgesetzten bzw. der Ortspolizeibehörde Anzeige zu erstatten.

b) Ausführung der fortlaufenden Desinfektion:

(Die nachstehende Reihenfolge kann naturgemäß nicht immer innegehalten werden.)

1. Anlegen des Überkleides vor dem Betreten des Krankenzimmers,
2. Kontrolle der Absonderung des Kranken,
3. Erkundigung nach dem Verbleib der Ausscheidungen des Kranken, der benutzten Leib- und Bettwäsche usf. zur alsbaldigen Desinfektion,
4. Kontrolle der Ausstattung des Krankenzimmers mit den nötigen Utensilien, gegebenenfalls Veranlassung der Ergänzung desselben.
   Es muß im Krankenzimmer vorhanden sein:
   a) ein geräumiges Gefäß zum Einlegen beschmutzter Bett- und Leibwäsche u. dgl. mehr,
   b) ein Gas-, Petroleum- oder Spirituskocher zum Auskochen von Eß- und Trinkgeschirr und die dazu nötigen Töpfe und Tücher,
   c) ein Schrubber mit Scheuertuch und ein Eimer zur Reinigung des Krankenzimmers,
   d) eine Waschvorrichtung (2 Waschschüsseln, eine Handbürste, Seife und Handtücher) zur Händedesinfektion,
   e) die zur eigentlichen Krankenpflege notwendigen Gerätschaften, wie Stechbecken, Speigläser, Wattebäusche oder Mulläppchen zur Aufnahme von Ausscheidungen des Kranken,
   f) die erforderlichen Desinfektionsmittel in ausreichender Menge, Meßgefäße zum Abmessen derselben und 2 waschbare Überkleider.
5. Bereitung der Desinfektionsflüssigkeiten, gegebenenfalls Unterweisung der Pflegeperson in der Herstellung und Anwendung der Desinfektionsmittel,
6. Desinfektion der Absonderungen des Kranken, der beschmutzten Leib- und Bettwäsche, und zwar möglichst sofort,
7. Desinfektion von Wasch- und Badewässern sofort nach Benutzung,
8. Desinfektion von Eß- und Trinkgeschirr, Messer und Gabeln u. dgl. sofort nach Benutzung,
9. Desinfektion des benutzten Aborts, etwa beschmutzter Holz- und Metallteile (des Fußbodens, der Wände, Türen, Fenster usw.) des Krankenzimmers,
10. sofortige Desinfektion beschmutzter Körperteile des Kranken,
11. Waschen der Hände der Pflegeperson oder des Desinfektors vor und unmittelbar nach Berührung des Kranken oder seiner Ausscheidungen in Sublimatlösung,
12. tägliche feuchte Reinigung des Krankenzimmers,
13. Desinfektion der Hände und Unterarme eventuell auch des Gesichts der Pflegeperson oder des Desinfektors vor dem Verlassen des Krankenzimmers,
14. Aufhängen des Überkleides in der Nähe der Tür bzw. Verpacken desselben in einem mit Sublimatlösung getränkten Beutel zwecks Mitnahme desselben.

Anlage B.

Gang bei einer chemisch-mechanischen Schlußdesinfektion (bei den meisten übertragbaren Krankheiten mit geringen Abweichungen ausreichend):

a) Mitzuführende Gegenstände.

1. 1 Tasche zum Transportieren des Arbeitsanzuges,
2. 4 große inwendig lackierte Blecheimer zum Ineinandersetzen (dienen zugleich zum Verpacken der Gerätschaften),
3. 4 Handtücher,
4. 1 spitze Möbelbürste für Polstermöbel,
5. 1 starke Handbürste, 1 Schrubber,
6. 2 Scheuertücher, einige weiche Wischtücher,
7. Meßgefäße zu 1 l und ½ l, letzteres mit Teilstrichen,
8. 100 Sublimatpastillen à 1 g,
9. 2 l Kresolseifenlösung,
10. 1 kg Kaliseife (Schmierseife, grüne oder schwarze Seife),
11. ¼ kg Soda in Blechdose.

b) Ausführung der Desinfektion:

1. Anlegen des Arbeitsanzuges,
2. Bereitung der Desinfektionsflüssigkeiten (Sublimatlösung bzw. verdünntes Kresolwasser),
3. Einlegen beschmutzter Überzüge der Betten und Bettlaken für 2 Stunden in Sublimatlösung oder in verdünntes Kresolwasser, nachher Spülen mit Wasser,
4. gründliches Abreiben oder Abbürsten von Matratzen, Strohsäcken, Betten, Bettstelle, Nachttisch, Bettvorlage und der Wandfläche in der Nähe des Bettes mit Sublimatlösung,

5. Aufwischen des Fußbodens und der Scheuerleisten mit Sublimatlösung,
6. Abwaschen des Sitzbrettes, Deckels und Fußbodens des Aborts mittels in Sublimatlösung getränkter Lappen*),
7. Ausscheuern der von den Kranken benutzten Waschbecken und Badewannen mit Sublimatlösung, eventuell mit verdünntem Kresolwasser,
8. Einlegen von Zahn- und Nagelbürsten für ½ Stunde in Sublimatlösung, dann Nachspülen mit Wasser,
9. Auskochen von Eß- und Trinkgerät. 15 Minuten lang in 2%iger Sodalösung, soweit nicht auskochbar, Einlegen für 2 Stunden in verdünntes Kresolwasser und alsdann Nachspülen in Wasser,
10. Abreiben von Spielsachen, gebrauchten Büchern u. dgl. mit Sublimatlösung,
11. Abreiben bzw. Abbürsten vom Kranken getragener Kleider mit Sublimatlösung,
12. Einlegen getragener Leibwäsche, Taschen- und Handtücher für 2 Stunden in verdünntes Kresolwasser oder Sublimatlösung,
13. Auswaschen der in das verdünnte Kresolwasser oder in die Sublimatlösung eingelegten Wäsche usw.,
14. Reinigung der benutzten Gerätschaften in verdünntem Kresolwasser oder in Sublimatlösung, darauf in Wasser,
15. gründliche Reinigung des Raumes mit heißer Seifenlösung und einer reichlichen Menge Wasser und ausgiebige Lüftung des Raumes,
16. Ausgießen der bei der Desinfektion gebrauchten Flüssigkeiten in den Abort.

Anlage C.

Beispiel des Ganges einer Schlußdesinfektion unter Zuhilfenahme der Formaldehyddesinfektion:

a) Mitzuführende Gegenstände (für 150 cbm Rauminhalt ausreichend):

1. 1 Tasche aus Leinen zum Transport des Arbeitsanzuges,
2. 1 Mundschwamm mit Gummiband,
3. 1 Paket Watte,
4. ¼ kg Wattestreifen,
5. ½ kg Fensterkitt (in Blechdose),
6. 1 Glaserkittmesser,
7. Packpapier, Stärkekleister (in Blechdose),
8. 1 Kleisterpinsel, Schere und Stecknadeln,
9. 1 Maßstab, 1 Bleistift,
10. 1 eisernes, zusammenklappbares Gestell,
11. ein Paket Schnur,
12. 4 Handtücher,
13. 1 spitze Möbelbürste für Polstermöbel,
14. 1 starke Handbürste,
15. 2 Scheuertücher, einige weiche Wischtücher,
16. Wäscheleinen,
17. einige Holzklötze,
18. einige Kleiderbügel,
19. 3 große Blecheimer, inwendig lackiert (dienen zugleich zum Verpacken der Gerätschaften),
20. 2 l Kresolseifenlösung,
21. 50 Sublimatpastillen à 1 g,
22. 1 kg Kaliseife (Schmierseife, grüne Seife oder schwarze Seife),
23. ¼ kg Soda in Blechdose,
24. 2 kg frischer Chlorkalk (in Blechgefäß),
25. 2½ l Formaldehydlösung (35%ig),
26. 2½ l Brennspiritus,
27. 1 Ammoniakentwickler nebst Schlauch,
28. 2 l Ammoniak (25%ig),
29. Meßgefäße zu 1 l und ½ l, letzteres mit Teilstrichen,
30. eine Blechrinne zum Auffangen verspritzter Ammoniaktropfen,
31. 1 Formalinverdampfungsapparat (hat der zu desinfizierende Raum über 100 cbm Inhalt, so sind 2 Apparate zu verwenden),
32. 2 Tabellen zur Berechnung:
    a) der Formalin-, Wasser- und Spiritusmenge,
    b) der Ammoniak- und Spiritusmenge, bzw. diese Anlage.

b) Ausführung der Desinfektion:

1. Anlegen des Anzuges,
2. Bereitung der Desinfektionsflüssigkeiten (Sublimatlösung bzw. verdünntes Kresolwasser),
3. Vorbinden des Schwammes,
4. Entfernung wertvoller Pflanzen und lebender Tiere aus dem Zimmer,
5. Einlegen von Bettbezügen und beschmutzter Wäsche in das verdünnte Kresolwasser,
6. Abwaschen beschmutzter Holzteile mit Sublimatlösung und Nachreiben mit trockenen Wischtüchern,

*) Nur bei Typhus, Paratyphus und Ruhr vorgeschrieben.

7. Befeuchtung der mit dem Kranken in Berührung gekommenen Plüsch- und ähnlichen Möbelüberzüge, Gummi-, Leder- und Pelzsachen mit Sublimatlösung,
8. Befeuchtung von Spalten, Rissen und Fugen des Fußbodens und der Wände mit Sublimatlösung,
9. Abwaschen der Lagerstellen und der in ihrer Umgebung auf wenigstens 2 m Entfernung befindlichen Gerätschaften, Wand- und Fußbodenflächen mit Sublimatlösung,
10. Abreiben warmer Öfen und warmer Wandteile mit in Sublimatlösung befeuchteter Bürste,
11. Abrücken der Möbel von den Wänden, Öffnen der Schranktüren, Herausziehen der Schübe usw.,
12. Aufhängen von Betten, Decken, kleineren Teppichen, Kleidern u. dgl.,
13. Desinfektion etwaiger Ausscheidungen des Kranken und des Waschwassers,
14. Auskochen von vorgefundenem Eß- und Trinkgeschirr, Messern und Gabeln in 2%iger Sodalösung bzw. Einlegen in verdünntes Kresolwasser für 2 Stunden,
15. Abwaschen von vorgefundenen Spielsachen mit Sublimatlösung oder Verbrennen derselben,
16. Abdichtung des Raumes,
17. Durchstecken des Rohres der Blechrinne durch das Schlüsselloch der Außentür,
18. Berechnung des Kubikinhaltes des Raumes,
19. Einfüllen der erforderlichen Formalin- und Spiritusmengen in den Apparat,
20. zweckmäßige und feuersichere Aufstellung des Apparates (allenfalls außerhalb des Raumes),
21. Anzünden des Spiritus,
22. Aufhängen des Arbeitsanzuges und des Schwammes im Raume,
23. Reinigung des Gesichtes, Bartes und der Hände mit Sublimatlösung,
24. Abdichten der Tür von außen,
25. Einleiten des Ammoniaks,
26. Öffnen des Zimmers und der Fenster,
27. Auswaschen der in verdünntes Kresolwasser oder Sublimatlösung eingelegten Wäsche,
28. Reinigung der benutzten Gerätschaften in verdünntem Kresolwasser, darauf in Wasser,
29. gründliche Reinigung des Raumes mit heißer Seifenlösung und einer reichlichen Menge Wasser,
30. Ausgießen der gebrauchten Flüssigkeiten und vorgefundenen Arzneien in den Abort,
31. Abreiben polierter Möbel und Metallteile mit trockenen Wischtüchern,
32. Einordnen der Sachen.

Anlage D.

Beispiel des Ganges einer Schlußdesinfektion unter Zuhilfenahme der Dampfdesinfektion. In jedem Falle zu befolgen bei Cholera, möglichst auch bei Tuberkulose*).

a) Mitzuführende Gegenstände):**

1. 1 besond. Transportwagen zur Aufnahme der zu desinfizierenden Gegenstände,
2. 1 Tasche zum Transportieren des Arbeitsanzuges,
3. 4 große, inwendig lackierte Blecheimer,
4. 4 Handtücher,
5. 1 spitze Möbelbürste für Polstermöbel,
6. 1 Handbürste, 1 Schrubber,
7. 2 Scheuertücher, einige weiche Wischtücher,
8. 1 Maßstab, 1 Bleistift,
9. Meßgefäße zu 1 l und ½ l, letzteres mit Teilstrichen,
10. 4 Überzüge für Matratzen, 10 größere Umhüllungen für Betten, Teppiche, Decken u. dgl.
    10 Beutel für Wäsche, Kleider u. dgl.
11. 1 Paket Schnur,
12. 2 l Kresolseifenlösung**),
13. 100 Sublimatpastillen à 1 g,
14. 1 kg Kaliseife (Schmierseife, grüne Seife oder schwarze Seife),
15. ¼ kg Soda in Blechdose,
16. 2 kg frischer Chlorkalk im Blechgefäß.
17. 10 kg Ätzkalk und etwas rotes Lackmuspapier**).

*) Bei jedem Todesfall an Tuberkulose, sowie der Überführung eines Tuberkulosekranken ins Krankenhaus empfiehlt es sich, eine Wohnungsdesinfektion möglichst unter Zuhilfenahme der Dampfdesinfektion vorzunehmen.

**) Bei Tuberkulose sind anstatt 2 l Kresolseifenlösung 2 l Alkalysol oder 2 kg Rohchloramin mitzuführen. Dagegen brauchen die Gegenstände unter Ziffer 12, 16 und 17 nicht mitgeführt werden.

b) Ausführung der Desinfektion*):

1. Anlegen des Arbeitsanzuges,
2. Bereitung der Desinfektionsflüssigkeiten,
3. Einlegen beschmutzter Wäsche und Kleidungsstücke in verdünntes Kresolwasser, bei Tuberkulose in 5‰ige Sublimatlösung oder 5%ige Alkalysollösung,
4. Abwaschen und Abscheuern der Lagerstellen und der in ihrer Umgebung auf wenigstens 2 m Entfernung befindlichen Gerätschaften, Wand- und Fußbodenflächen mit Sublimatlösung (bei Tuberkulose mit 5‰iger Sublimatlösung oder 5%iger Alkalysollösung oder 5%iger Rohchloraminlösung), Nachreiben mit trockenen Wischtüchern,
5. gründliche Befeuchtung der mit dem Kranken in Berührung gekommenen Plüsch- oder ähnlichen Möbelüberzüge, Gummi-, Leder- oder Pelzsachen mit Sublimatlösung (bei Tuberkulose mit 5‰iger Sublimatlösung oder 5%iger Alkalysollösung),
6. Befeuchtung von Spalten, Rissen und Fugen des Fußbodens und der Wände mit Sublimatlösung (bei Tuberkulose 5‰ige Sublimatlösung oder 5%ige Alkalysollösung oder 5%ige Rohchloraminlösung),
7. Verpackung der Matratzen, Betten, Decken, kleineren Teppiche, Kleider usw. in den Umhüllungen und Aufstellung der Pakete vor dem Zimmer; gleichzeitiges Anfertigen zweier Verzeichnisse über die verpackten Gegenstände,
8. Auskochen von vorgefundenem Eß- und Trinkgeschirr, Messern und Gabeln in 2%iger Sodalösung,
9. Bereitung etwa notwendiger Chlorkalkmilch,
10. Desinfektion vorhandenen Schmutzwassers (Waschwassers, Badewassers),
11. Bereitung der Kalkmilch,
12. Desinfektion der Ausleerungen und Absonderungen des Kranken in Nachtgeschirren, Stechbecken u. dgl.,
13. Desinfektion des Abortes, gegebenenfalls auch des Pissoirs,
14. Desinfektion der Abortgrube,
15. Desinfektion der Düngerstätte, Rinnsteine, Kanäle usw.,
16. Verpackung des Arbeitsanzuges,
17. Reinigung der Hände mit Sublimatlösung oder Rohchloraminlösung,
18. Beförderung der verpackten Gegenstände in dem Transportwagen nach der Anstalt,
19. Desinfektion der Gegenstände im Dampfapparat,
20. Rückbeförderung der im Dampf desinfizierten Gegenstände,
21. Ablassen des Badewassers und Desinfektion der Badewanne,
22. Auswaschen der in die Desinfektionsflüssigkeit eingelegten Wäsche,
23. Reinigung der benutzten Gerätschaften in verdünntem Kresolwasser oder in Sublimatlösung, bei Tuberkulose in den vorgenannten Lösungen, darauf in Wasser,
24. gründliche Reinigung des Raumes mit heißer Seifenlösung und einer reichlichen Menge Wasser und ausgiebige Lüftung des Raumes,
25. Ausgießen der bei der Desinfektion gebrauchten Lösungen, der desinfizierten Flüssigkeiten und vorgefundenen Arzneien in den Abort,
26. Einordnen der Sachen.

Anlage E.

Beispiel des Ganges einer Schlußdesinfektion unter Zuhilfenahme der Formaldehyd- und Dampfdesinfektion.

In jedem Falle zu befolgen bei: **Pocken, Pest und Aussatz.**

a) Mitzuführende Gegenstände (für 150 cbm Rauminhalt ausreichend):

1. 1 besond. Transportwagen zur Aufnahme der zu desinfizierenden Gegenstände,
2. 1 Tasche aus Leinen zum Transportieren des Arbeitsanzuges,
3. 1 Mundschwamm mit Gummiband,
4. 1 Paket Watte,
5. ¼ kg Wattestreifen,
6. ½ kg Fensterkitt (in Blechdose),
7. 1 Glaserkittmesser,
8. Packpapier, Stärkekleister (in Blechdose),
9. 1 Kleisterpinsel, Schere und Stecknadeln,
10. 1 Maßstab, 1 Bleistift,
11. 1 eisernes, zusammenklappbares Gestell,
12. 1 Paket Schnur,

*) Bei Tuberkulose fallen die Verrichtungen unter Ziffer 9—15 weg, dafür Desinfektion des Auswurfs mit 5%iger Alkalysollösung für 4 Stunden oder 5%iger Rohchloraminlösung für 6 Stunden nach Einlegen der gebrauchten Wäsche, insbesondere Bettbezüge, Taschentücher, Handtücher sowie Zahn- und Nagelbürsten in 5%iger Alkalysollösung für 4 Stunden oder 5‰ ige Sublimatlösung für 6 Stunden.

13. 3 große Blecheimer, inwendig lackiert,
14. 4 Handtücher,
15. 1 spitze Möbelbürste für Polstermöbel,
16. 1 Handbürste, 1 Schrubber,
17. 2 Scheuertücher, einige weiche Wischtücher,
18. Wäscheleinen,
19. einige Holzklötze,
20. einige Kleiderbügel,
21. 4 Überzüge für Matratzen, 10 größere Umhüllungen f. Betten, Teppiche, Decken u. dgl.,
    10 Beutel für Wäsche, Kleider u. dgl.,
22. 2 l Kresolseifenlösung,
23. 50 Sublimatpastillen à 1 g,
24. 1 kg Kaliseife (Schmierseife, grüne Seife oder schwarze Seife),
25. ¼ kg Soda in Blechdose,
26. 2 kg frischer Chlorkalk in Blechgefäß,
27. 2½ l Formaldehydlösung (35%ig),
28. 2½ l Brennspiritus,
29. 1 Ammoniak-Entwickler nebst Schlauch,
30. 2 l Ammoniak (25%ig),
31. Meßgefäße zu 1 l und ½ l, letzteres mit Teilstrichen,
32. eine Blechrinne zum Auffangen verspritzter Ammoniaktropfen,
33. 1 Formalinverdampfungsapparat (hat der zu desinfizierende Raum über 100 cbm Inhalt, so sind 2 Apparate zu verwenden),
34. 2 Tabellen zur Berechnung:
    a) der Formalin-, Wasser- und Spiritusmenge,
    b) der Ammoniak- und Spiritusmenge.

b) Ausführung der Desinfektion:

1. Anlegen des Anzuges,
2. Bereitung der Desinfektionsflüssigkeiten (Sublimatlösung bzw. verdünntes Kresolwasser),
3. Vorbinden des Schwammes,
4. Entfernung wertvoller Pflanzen und lebender Tiere aus dem Zimmer,
5. Einlegen von Bettbezügen und beschmutzter Wäsche in das verdünnte Kresolwasser,
6. Abwaschen beschmutzter Holzteile mit Sublimatlösung und Nachreiben mit trokkenen Wischtüchern,
7. Befeuchtung der mit dem Kranken in Berührung gekommenen Plüsch- und ähnlichen Möbelüberzüge, Gummi-, Leder- und Pelzsachen mit Sublimatlösung,
8. Befeuchtung von Spalten, Rissen und Fugen des Fußbodens und der Wände mit Sublimatlösung,
9. Abwaschen der Lagerstellen und der in ihrer Umgebung auf wenigstens 2 m Entfernung befindlichen Gerätschaften, Wand- und Fußbodenflächen mit Sublimatlösung,
10. Abreiben warmer Öfen und warmer Wandteile mit Sublimatlösung befeuchteter Bürste,
11. Abrücken der Möbel von den Wänden, Öffnen der Schranktüren, Herausziehen der Schübe usw.,
12. Verpackung der Matratzen, Betten, Decken, kleineren Teppiche, Kleider usw. in den Umhüllungen und Aufstellen der Pakete vor dem Zimmer; gleichzeitiges Anfertigen zweier Verzeichnisse über die verpackten Gegenstände,
13. Auskochen von vorgefundenem Eß- und Trinkgeschirr, Messern und Gabeln in 2%iger Sodalösung bzw. Einlegen in 1%ige Formaldehydlösung,
14. Desinfektion der Ausscheidungen und Absonderungen des Kranken und des Waschwassers,
15. Abdichten des Raumes,
16. Durchstecken des Rohres der Blechrinne durch das Schlüsselloch der Außentür,
17. Berechnung des Kubikinhaltes des Raumes,
18. Einfüllen der erforderlichen Formalin- und Spiritusmengen in den Apparat,
19. Zweckmäßige und feuersichere Aufstellung des Apparates (allenfalls außerhalb des Raumes),
20. Anzünden des Spiritus,
21. Aufhängen des Arbeitsanzuges und des Schwammes im Raume,
22. Reinigung des Gesichtes, Bartes und der Hände mit Sublimatlösung,
23. Abdichten der Tür von außen,
24. Beförderung der verpackten Gegenstände in dem Transportwagen nach der Anstalt,
25. Desinfektion der Gegenstände im Dampfapparate,
26. Rückbeförderung der im Dampf desinfizierten Gegenstände,
27. Einleiten des Ammoniaks,
28. Öffnen des Zimmers und der Fenster,
29. Auswaschen der in verdünntes Kresolwasser eingelegten Wäsche,
30. Reinigung der benutzten Gerätschaften in verdünntem Kresolwasser, darauf in Wasser,
31. gründliche Reinigung des Raumes mit heißer Seifenlösung und einer reichlichen Menge Wasser,

32. Ausgießen der gebrauchten Flüssigkeiten und vorgefundenen Arzneien in den Abort,
33. Abreiben polierter Möbel und Metallteile mit trockenen Wischtüchern,
34. Einordnen der Sachen.

Anlage F.

Gang der Entlausung mit schwefliger Säure*) bei:
Fleckfieber (Flecktyphus) und Rückfallfieber).**

a) Mitzuführende Gegenstände (für 150 cbm Rauminhalt ausreichend):

1. 1 besond. Transportwagen zur Aufnahme der zu entlausenden Gegenstände,
2. 1 Tasche aus Leinen zum Transportieren des Schutzanzuges nebst Schuhzeug und Gummihandschuhen,
3. 1 Paket Watte,
4. ¼ kg Wattestreifen,
5. ½ kg Fensterkitt (in Blechdose),
6. 1 Glaserkittmesser,
7. Packpapier, Stärkekleister (in Blechdose),
8. 1 Kleisterpinsel, Schere und Stecknadeln,
9. 1 Maßstab, 1 Bleistift,
10. 1 eisernes, zusammenklappbares Gestell,
11. 1 Paket Schnur,
12. 3 große Blecheimer, inwendig lackiert,
13. 4 Handtücher,
14. 1 spitze Möbelbürste für Polstermöbel,
15. 1 Handbürste, 1 Schrubber,
16. 2 Scheuertücher, einige weiche Wischtücher,
17. Wäscheleinen,
18. einige Holzklötze,
19. einige Kleiderbügel,
20. 4 Überzüge für Matratzen, 10 größere Umhüllungen für Betten, Teppiche, Decken u. dgl.,
    10 Beutel für Wäsche, Kleider u. dgl.,
21. 2 l Kresolseifenlösung,
22. 1 kg Kaliseife (Schmierseife, grüne Seife oder schwarze Seife),
23. ¼ kg Soda in Blechdose,
24. 2 kg frischer Chlorkalk in Blechgefäß,
25. 10 kg Stangenschwefel (oder 10 l Salforkose bzw. 10 l Salforkoseersatz),
26. 1 l Brennspiritus,
27. Meßgefäße zu 2 l, 1 l und ¼ l, letzteres mit Teilstrichen,
28. eine 1,50 m lange rinnenförmige Wanne, zum Verbrennen des Schwefels (oder 2 Salforkoseapparate).
    (Hat der zu entlausende Raum über 100 cbm Inhalt, so werden zweckmäßig zwei 1,50 m lange rinnenförmige Wannen [oder 3 Salforkoseapparate] verwendet.)
29. Eine Tabelle zum Ablesen der erforderlichen Schwefel- und Spiritusmengen (oder der Salforkose- bzw. Salforkoseersatzmengen).

b) Ausführung der Entlausung:

1. Anlegen des Anzuges,
2. Bereitung des verdünnten Kresolwassers,
3. Entfernung lebender Tiere, wertvoller Pflanzen und blanker Metallgegenstände (eventuell einer Nähmaschine u. dgl.) aus dem Zimmer,
4. Einlegen von Bettbezügen und beschmutzter Wäsche, Kämme und Bürsten in das verdünnte Kresolwasser,
5. Abwaschen beschmutzter Holzteile mit verdünntem Kresolwasser und Nachreiben mit trockenen Wischtüchern,
6. Befeuchtung der mit dem Kranken in Berührung gekommenen Plüsch- und ähnlichen Möbelüberzüge, Gummi-, Leder- und Pelzsachen mit verdünntem Kresolwasser (Leder- und Pelzsachen werden sicherer im Heißluftapparate entlaust),
7. Befeuchtung von Spalten, Rissen und Fugen des Fußbodens und der Wände mit verdünntem Kresolwasser,
8. Abwaschen der Lagerstellen und der in ihrer Umgebung auf wenigstens 2 m Entfernung befindlichen Gerätschaften, Wand- und Fußbodenflächen mit verdünntem Kresolwasser,
9. Abrücken der Möbel von den Wänden, Öffnen der Schranktüren, Herausziehen der Schübe usw.,

---

*) Die Entlausung mit Blausäure oder Zyklongas ist nur unter den behördlich angeordneten Vorsichtsmaßregeln gestattet.

**) Bei der Verpackung der für den Transport nach dem Dampf- oder Heißluftapparat bestimmten Gegenstände ist die Zuschnürung der mit verdünntem Kresolwasser getränkten äußeren Umhüllungen so sicher vorzunehmen, daß ein Auswandern der Läuse ausgeschlossen ist.

10. Verpackung der Matratzen, Betten, Decken, kleineren Teppiche, Kleider usw. in den doppelten Umhüllungen (gründliche Durchtränkung der Außenhüllen mit verdünntem Kresolwasser, sichere Zuschnürung!) und Aufstellen der Pakete vor dem Zimmer; gleichzeitiges Anfertigen zweier Verzeichnisse über die verpackten Gegenstände,
11. Ausgießen gefüllter Waschschüsseln und Eimer,
12. Abdichtung des Raumes,
13. Berechnung des Kubikinhaltes des Raumes,
14. Hineinlegen der erforderlichen Schwefelstücke in die Wanne und Übergießen derselben mit der erforderlichen Spiritusmenge (oder Einfüllen der erforderlichen Salforkose- bzw. Salforkoseersatzmengen in die Apparate),
15. zweckmäßige und feuersichere Aufstellung des Schwefellagers oder der Salforkoseapparate,
16. Anzünden des mit Spiritus übergossenen Schwefels (oder der Salforkose bzw. des Salforkoseersatzes),
17. Aufhängen des Arbeitsanzuges im Raume,
18. Reinigung des Gesichtes, Bartes und der Hände mit verdünntem Kresolwasser,
19. Abdichten der Tür von außen,
20. Beförderung der verpackten Gegenstände in dem Transportwagen nach der Anstalt,
21. Entlausung der Gegenstände im Dampf- oder Heißluftapparate,
22. Rückbeförderung der im Dampf oder in der heißen Luft entlausten Gegenstände,
23. Öffnen des Zimmers und der Fenster,
24. Auswaschen der in verdünntes Kresolwasser eingelegten Wäsche, Kämme und Bürsten,
25. Reinigung der benutzten Gerätschaften in verdünntem Kresolwasser, darauf in Wasser,
26. gründliche Reinigung des Raumes mit heißer Seifenlösung und einer reichlichen Menge Wasser,
27. Ausgießen der gebrauchten Flüssigkeiten in den Abort,
28. Abreiben polierter Möbel und Metallteile mit trockenen Wischtüchern,
29. Einordnen der Sachen.

Literatur.

Ahlfeld, Deutsche med. Wochenschr. 1895, Nr. 24 und 51.
Ders., Deutsche med. Wochenschr. 1896, Nr. 23.
Ders., Deutsche med. Wochenschr. 1897, Nr. 8.
Ders., Monatsschr. f. Geburtsh. u. Gyn. 1899, Bd. 10, H. 1/2.
Ders., Zeitschr. f. Medizinalbeamte 1898, Nr. 17/18.
Angerer, Zentralbl. f. Chirurgie 1887, Nr. 7.
Baerthlein, Zentralbl. f. Bakt., I. Abt., Bd. 78, H. 7.
Behring, Zeitschr. f. Hygiene 1890, Bd. 9, S. 395.
Breslau, Zentralbl. f. Bakt., Ref., Bd. 80.
Budde, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 7.
Chick u. Martin, Journ. of hyg. 1908, Vol. 8, p. 654.
Croner, Lehrb. der Desinfektion 1913 (Klinkhardt, Leipzig).
Ders., Zeitschr. f. Hygiene 1909, Bd. 63, Nr. 2.
Czaplewski, Kurzes Lehrbuch der Desinfektion 1909.
Ders., Münch. med. Wochenschr. 1898, 1306.
Ders., Münch. med. Wochenschr. 1899, Nr. 27.
Ditthorn, Zentralbl. f. Bakt. 1918, I. Abt., Bd. 80, H. 6.
Ders., Zentralbl. f. Bakt. 1917, I. Abt. Bd. 40.
Döderlein, Beitr. z. Geburtsh. u. Gyn., 1898, Bd. 1, S. 1.
Ders., Zentralbl f. Gyn. 1898, Nr. 26.
Ders., Berliner Klin. Wochenschr. 1898, Nr. 50.
Ders., Deutsche med. Wochenschr. 1900, Nr. 42.
Dörr u. Raubitscheck, Zentralbl. f. Bakt. 1907, Nr. 45, 77 u. 179.
v. Eichengrün, Zeitschr. f. angew. Chemie 1906, Nr. 33.
v. Esmarch, Hygien. Rundschau 1902, Bd. 12 und Zeitschr. f. Hyg., Bd. 4.
Ders. u. Proskauer, Einheitliche Regelung der Prüfungsmethodik für Desinfektionsapparate und Desinfektionsmittel. Verhandl. des intern. Hygienekongr. Berlin 1907, Bd. 2. A. Hirschwald, 1908.
Ficker, Zeitschr. f. Hygiene 1898, Bd. 29.
Fiedler, Desinfektionsversuche mit Phenolut. Inauguraldissertation. Leipzig 1917.
Flügge, Zeitschr. f. Hygiene 1898, Bd. 29 u. 30, 1899.
Ders., Zeitschr. f. Hygiene 1905, Bd. 50.
Ders., Grundriß der Hygiene. 9. Aufl. 1921.

Fürbringer, Deutsche med. Wochenschr. 1889, 1895 u. 1899.
Ders., Untersuchungen und Vorschriften für die Desinfektion der Hände des Arztes usw. Bergmann, Wiesbaden 1888.
Gegenbauer, Zentralbl. f. Bakt. 1926, Bd. 97, S. 188 (Origin.).
Geppert, Berliner Klin. Wochenschr. 1889, Nr. 36 u. 37.
Ders., Berliner Klin. Wochenschr. 1890, Nr. 11.
Gocht, Deutsche med. Wochenschr. 1916, S. 1262.
Gotschlich, Handb. d. hygien. Unters.-Meth. 1926, Bd. 1.
Ders., Handb. d. pathog. Mikroorganismen von Kolle u. Wassermann 1913, Bd. 3., 2. Aufl.
Graßberger, Wiener Klin. Wochenschr. 1914, S. 1615.
Ders., Die Desinfektion. Handb. d. Hygiene von Rubner, Gruber, Ficker, 1913.
Ders., Die Desinfektion in Theorie und Praxis, 1913.
Gruber, Z. intern. Hygiene-Kongr. London 1891.
Ders., Zentralbl. f. Bakt. 1892, Bd. 11, S. 115.
Ders., Arch. f. Hygiene 1893, Bd. 17, S. 618.
Gumprecht, Weyls Handb. d. Hygiene 1921, Bd. 8, III. Abt.
Hailer, Weyls Handb. d. Hygiene, 2. Aufl., Bd. 8, 4. Abt.
Ders., Arbeiten aus dem Reichsgesundheitsamt 1919, Bd. 51, S. 556 und 1920, Bd. 52, S. 696.
Heck, Arbeiten aus d. Institut z. Erforschung der Infektionskrankheiten. Bonn, 3. Heft.
Heider, Arch. f. Hygiene 1892, Bd. 15, S. 341.
Heim, Lehrb. d. Bakt., 1922, 6. u. 7. Aufl.
v. Herff, Münch. med. Wochenschr. und Deutsche med. Wochenschr. 1909, S. 425; 1906, S. 30.
Ders., Zentralbl. f. Bakt., 1. Abt. Bd. 27 u. 29.
Heymann, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 50.
Ders. Zeitschr. f. Hygiene, 1915, Bd. 80, S. 299.
Ders. und Korff-Petersen, Handb. d. hyg. Unters.-Meth. von Gotschlich, Bd. 1, S. 726.
Jötten, Deutsche med. Wochenschr. 1918, Nr. 24.
Ders., Deutsche med. Wochenschr. 1915, Nr. 47.
Kirstein, Leitf. d. Desinfektion 1925.
Klimmer, M., Technik u. Methodik d. Bakt. u. Serologie 1923. Verlag Julius Springer.
Koch, Gaffky u. Löffler, Mitteil. a. d. Kais. Gesundheitsamt 1881, Bd. 2.
Koch, Mitteil. a. d. Kais. Gesundheitsamt 1881, Bd. 1, S. 234.
Ders., Mitteil. a. d. Kais. Gesundheitsamt 1880, Bd. 1, S. 234.
Kolle u. Hetsch, Die experimentelle Bakteriologie und die Infektionskrankheiten 1916, Bd. 1. 4. Aufl.
Konrich, Deutsche med. Wochenschr. 1925, S. 1733.
Krönig u. Paul, Zeitschr. f. Hygiene 1897, Bd. 25.
Ders., Zeitschr. f. physikal. Chemie 1896, Bd. 21.
Lancet, 1909, S. 1454.
Lange, Zeitschr. f. Hygiene 1916, Bd. 82, S. 327.
Laubenheimer, Therap. Monatshefte 1914, Bd. 28.
Ders., Zeitschr. f. Hygiene 1914, Bd. 77.
Mercke, Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. 19.
Messerschmidt, Zeitschr. f. Hygiene 1916, Bd. 82, S. 289.
Meyer u. Waldmann, Gesundh.-Ingenieur 1911, Bd. 34.
Mießner u. Lange, Arch. f. wissensch. u. prakt. Tierheilk. 1917, Bd. 43, H. 4 u. 5.
Mikulicz, Deutsche med. Wochenschr. 1899, Nr. 24.
Ders., Deutsche militärärztl. Zeitschr. 1900, Nr. 1.
Neufeld u. Schiemann, Zeitschr. f. Hygiene 1917, Bd. 85.
Dies., Deutsche med. Wochenschr. 1917, Bd. 30.
Neufeld u. Karlbaum, Deutsche med. Wochenschr. 1918, Nr. 5.
Neufeld, Deutsche med. Wochenschr. 1918, Nr. 24 u. 33.
Ders., Med. Klinik 1915, Nr. 13.
Ohlmüller, Arbeiten a. d. Kais. Gesundheitsamt 1893, Bd. 8, S. 228.
Ottolenghi, Desinfektion 1910, Bd. 3, Nr. 11 u. 1911, Bd. 4, Nr. 2/3.
Ders., Zeitschr. f. Hygiene 1901, Bd. 35.
Patzschke, W., Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 81, S. 2271.
Paul u. Prall, Arb. a. d. Kais. Gesundheitsamt 1907, Bd. 26, S. 99 u. 1896.
Paul u. Krönig, Zeitschr. f. physiol. Chemie 1896, Bd. 21, S. 414.
Dies., Zeitschr. f. Hygiene 1897, Bd. 25.
Dies., Münch. med. Wochenschr. 1895, Nr. 12.

Paul u. Sarwey, Münch. med. Wochenschr. 1899, Nr. 49.
Dies., Münch. med. Wochenschr. 1900, Nr. 51, 27 u. 31.
Dies., Münch. med. Wochenschr. 1901, Nr. 36—38.
Prausnitz, W., Lehrb. d. Mikrobiologie v. Friedberger u. R. Pfeiffer, Bd. 1. Verlag G. Fischer, Jena 1919.
Ders., Atlas u. Lehrb. der Hygiene. Verlag Lehmann, 1909.
Proskauer u. Schneider, Klin. Jahrb., Bd. 18, H. 1.
Proskauer, Bericht vom XIV. Hygiene-Kongreß Berlin 1907, Bd. 2, S. 972.
Proskauer u. Conradi, Zeitschr. f. Hygiene. 1902, Bd. 40.
Rautmann, Zentralbl. f. Bakt., 1. Abt., Bd. 77, H. 1.
Recknagel, Kalender f. Gesundheitstechniker, Tab. 39, S. 97, Tab. 35, S. 95.
Reichenbach, Zeitschr. f. Hygiene 1905, Bd. 50.
Ders., Zentralbl. f. Bakt. 1910, 1. Abt., Ref., Bd. 47, S. 75.
Ders., Zeitschr. f. Hygiene 1911, Bd. 69, Nr. 1.
Ders., Zentralbl. f. Bakt., 1. Abt., Orig., Bd. 89, H. 1—3. Bericht über die 19. Tagung der „Deutschen Vereinigung für Mikrobiologie vom 8.—10. Juni 1922 in Würzburg".
Rideal, Walker-Methode, Journ. of the roy. sanit. instit. 1903, Vol. 24, p. 424. Bericht XIV. intern. Kongr. f. Hygiene, Demogr. 1908, Bd. 2, S. 979.
Rubner, Hygien. Rundschau 1899, Bd. 9.
Ders., Arch. f. Hygiene 1906, Bd. 56.
Rubner u. Peerenboom, Hygien. Rundschau 1899, Bd. 9, S. 265.
Sarwey, Deutsche med. Wochenschr. 1905, Nr. 1.
Schäffer, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 16, S. 1731.
Schiemann u. Landau, Zeitschr. f. Hygiene 1920, Bd. 88, S. 129.
Schmidt-Weyland u. Koelsch, Unters. über ein neues Desinfektionsmittel Ufinol. Zeitschr. f. Hygiene 1926, S. 106 u. 754.
Schottelius, Reichs-Medizinal-Anzeiger, 40. Jahrg., Nr. 24.
Schürmann, Zeitschr. f. Hygiene 1917, Bd. 84.
Schumburg, Arch. f. klin. Chirurgie, Bd. 79, H. 1.
Ders., Zeitschr. f. Hygiene 1902, Bd. 41.
Ders., Zeitschr. f. Hygiene 1902, Bd. 41, S. 167.
Ders., Deutsche med. Wochenschr. 1897, Nr. 10 u. 25.
Ders., Zeitschr. f. ärztl. Fortb. 1907, Nr. 19.
Ders., Deutsche med. Wochenschr. 1908, S. 330.
Ders., Deutsche med. Wochenschr. 1910, S. 1075.
Ders., Deutsche med. Wochenschr. 1911, S. 921.
Simon, Zeitschr. f. Hygiene 1903, Bd. 43, S. 348.
Spitta, Grundriß der Hygiene. Verlag Julius Springer, Berlin 1920.
Stahlschmidt, Zeitschr. f. Hygiene 1917, Bd. 84.
Stetter, R., Münch. tierärztl. Wochenschr. 1926, Bd. 77, S. 85.
Sticher, Zeitschr. f. Chirurgie, Bd. 99, S. 129.
Tappeiner, Münch. med. Wochenschr. 1900, Nr. 1.
Ders., Münch. med. Wochenschr. 1901, S. 1810.
Ders., Münch. med. Wochenschr. 1903, S. 2042.
Ders., Münch. med. Wochenschr. 1904, Nr. 26.
Ders. u. Jodlbauer, D. Arch. f. klin. Med. 1904, Bd. 80, S. 427; 1905, Bd. 82, S. 214.
Uhlenhuth, Jötten u. Heiler, Med. Klinik 1921, Nr. 10.
Uhlenhuth u. Jötten, Arch. f. Hygiene 1921, Bd. 90; 1922, Bd. 91.
Wolffhügel, Tagebl. der 59. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte 1886, S. 433.
Xylander, Arbeit. a. d. Kais. Gesundheitsamt 1907, Bd. 26, Nr. 2 und 1908, Bd. 29, Nr. 2.
Ders., Deutsche med. Wochenschr. 1909, S. 104.

Methoden der menschlichen Erblichkeitsforschung.

Von

Dr. **Fritz Lenz**, a. o. Prof. an der Universität München.

Mit 7 Kurven im Text.

A. Bemerkungen zur allgemeinen Methodenlehre der Naturwissenschaft.

Die Hygiene als praktische Disziplin gründet ihre Erfolge auf die Möglichkeit, Voraussagen über den Ablauf bestimmter Arten des Geschehens zu machen; und Voraussagen sind nur auf Grund von Gesetzen oder wenigstens Regeln des Geschehens möglich. Auch abgesehen von der praktischen Anwendung strebt alle Naturwissenschaft nach der Erkenntnis allgemeiner Gesetze. Die unmittelbare Beobachtung, auch die experimentelle, zeigt immer nur Einzelfälle; und kein einzelner Fall ist genau dem anderen gleich. Die Erkenntnis allgemeiner Gesetze kann daher niemals durch rein empirische Arbeit geliefert werden. Alle allgemeinen Sätze haben ihren Ursprung vielmehr in Hypothesen, die als solche nicht aus der unmittelbaren Erfahrung stammen und die auch durch keine Erfahrung jemals streng bewiesen werden können, eben weil jede denkbare Erfahrung nur Einzelfälle, wenn auch in großer Zahl, betrifft. Was die Erfahrung leistet, ist im wesentlichen eine Auslese unter den a priori möglich erscheinenden Hypothesen; und das ist nicht wenig; denn der Erfahrung kommt auf diese Weise die Entscheidung über die Geltung der Hypothesen zu. Außerdem geben neue Beobachtungen oft auch Anlaß zu neuen Hypothesen, die zunächst vorläufige Arbeitshypothesen sind, bis sie durch weitere Erfahrungen entweder widerlegt oder erhärtet werden. Wenn über den Zusammenhang gewisser Vorgänge, der noch nicht aufgeklärt ist, mehrere Hypothesen möglich erscheinen, so müssen diese in irgendwelcher Hinsicht zu verschiedenen Erwartungen über den tatsächlichen Ablauf des Geschehens führen. Damit wird die Wahl zwischen den Hypothesen durch ein experimentum crucis, eine entscheidende Erfahrung, möglich, die nicht immer experimenteller Natur, d. h. absichtlich herbeigeführt zu sein braucht, sondern die auch durch das unbeeinflußte Naturgeschehen dargeboten werden kann. In der menschlichen Erblichkeitsforschung kommt sogar ausschließlich diese letztere Art der empirischen Arbeit in Betracht, die freilich von der experimentellen nicht völlig wesensverschieden ist; denn jede absichtlich herbeigeführte Beobachtung kann im weiteren Sinne als ein Experiment angesehen werden.

Wenn eine Hypothese mit sicher beobachteten Tatsachen in Widerspruch gerät, so muß sie natürlich aufgegeben werden. Andererseits aber wird eine Hypothese dadurch, daß die Tatsachen in mehr oder weniger

vielen Fällen mit den auf Grund der Hypothese gehegten Erwartungen übereinstimmen, noch nicht sicher bewiesen; sie gewinnt dadurch nur an Wahrscheinlichkeit; und zwar gewinnt sie um so mehr an Wahrscheinlichkeit, je größer die Zahl verschiedenartiger Beobachtungen ist, die mit ihr übereinstimmen. Die Wahrscheinlichkeit kann schließlich so groß werden, daß sie praktisch der Gewißheit gleichkommt, obwohl theoretisch völlige Gewißheit auf dem Wege der induktiven Forschung überhaupt nicht erreichbar ist. Es gibt eben kein allgemeines Prinzip, daß das, was in 100 oder 1000 Fällen eingetreten ist, nun auch im 101. oder 1001. Falle eintreten müßte. Praktisch aber wird man vernünftigerweise den Eintritt erwarten und auch verantwortungsvolle Maßnahmen darauf gründen dürfen.

Jedenfalls muß man sich klar darüber sein, daß alle naturwissenschaftlichen Sätze mehr oder weniger gut begründete Hypothesen sind und daß es eine hypothesenfreie, „rein empirische" Wissenschaft nicht geben kann. Alle Wissenschaft ist vielmehr Hypothesenbildung und Hypothesenerhärtung. In der praktischen Arbeit wird die Erhärtung der Hypothesen natürlich einen ungleich größeren Raum einnehmen müssen als die Bildung der Hypothesen; aber die durch das Spiel der Phantasie erfolgende Hypothesenbildung ist in gewisser Hinsicht das eigentlich Produktive in der Forschung. Die Phantasie ist das unentbehrlichste Werkzeug des produktiven Forschers, und sie wird nur dann zu einer Gefahr, wenn hypothetische Möglichkeiten ohne den Geduld und Arbeit erfordernden Erhärtungsprozeß als sichergestellte Wahrheiten hingenommen werden. Erfahrungsgemäß neigen nur zu viele Forscher zu einer solchen Vorwegnahme der Erfahrung, zumal wenn lebhafte Wünsche mit der Geltung eines Satzes verknüpft sind, z. B. der Wunsch, eine bedeutsame Entdeckung gemacht zu haben.

B. Die methodologische Bedeutung der allgemeinen Erblichkeitslehre für die menschliche Erblichkeitsforschung.

Auch die menschliche Erblichkeitslehre ist also Hypothesenforschung. Die Wahrscheinlichkeit ihrer Hypothesen wird niemals jenen Grad der Gewißheit erreichen wie in der Physik und Chemie. Ihre speziellen Sätze können meist auch nicht jenen hohen Grad der Wahrscheinlichkeit erreichen, den viele Sätze der allgemeinen Erblichkeitslehre haben, die mit Experimenten an Pflanzen und Tieren arbeitet. Andererseits gelten die Sätze der experimentellen Erblichkeitslehre, soweit sie wirklich allgemein sind, natürlich auch für den Menschen. Gesetzlichkeiten, die bei Erbsen und Löwenmaulpflanzen, bei Fliegen und Schmetterlingen, bei Hühnern und Kanarienvögeln, bei Mäusen und Kaninchen in gleicher Weise Geltung haben, die gelten selbstverständlich auch für den Menschen; denn der Mensch steht nicht nur den Kaninchen und Hühnern, sondern auch den Fliegen und Schmetterlingen viel näher als den Pflanzen. So kann die Geltung des Mendelschen Gesetzes auch für den Menschen als sichergestellt gelten, eben weil es, soweit die Erfahrung reicht, überall da gilt, wo geschlechtliche Fortpflanzung von Organismen ungestört vor sich geht. Ein direkter Nachweis der Geltung des Mendelschen Gesetzes an menschlichem Material scheitert hauptsächlich an der relativ geringen Kinderzahl auch der größten menschlichen Familien. Was in dieser Hinsicht gesagt werden kann, ist nur, daß das bisher beigebrachte, immerhin schon recht umfangreiche Material über Erblichkeit menschlicher

Anlagen einer allgemeinen Geltung des Mendelschen Gesetzes für den Menschen nicht widerspricht. Aber ein direkter Nachweis der allgemeinen Sätze der Erblichkeitslehre an menschlichem Material ist eben auch gar nicht nötig.

Spezielle Hypothesen über die Erblichkeit bestimmter menschlicher Eigenschaften müssen also stets schon die genügend erhärteten Hypothesen der allgemeinen Erblichkeitslehre voraussetzen. Diese Relativität der Hypothesen ist ganz allgemein und unvermeidlich in der Naturwissenschaft. Die allgemeinste Voraussetzung oder Hypothese der Naturwissenschaft ist die, daß alles Geschehen in der Welt gesetzmäßig verläuft. Diese Hypothese ist durch keine noch so ausgedehnte Empirie jemals streng zu beweisen, aber sie macht eigentliche Naturwissenschaft überhaupt erst möglich. In der Biologie setzen wir demgemäß voraus, daß die Lebensvorgänge denselben Gesetzen folgen wie die von der Chemie und Physik studierten Vorgänge, d. h. daß sie chemisch-physikalische Vorgänge sind.

Wenn das nicht der Fall wäre, so wäre nicht abzusehen, weshalb an Lebewesen nicht auch Vorgänge auftreten könnten, die mit den Gesetzen der Chemie und Physik in Widerspruch ständen; dahin gehört z. B. die Annahme einer besonderen „Lebenskraft“ oder „Entelechie“, welche nach Ansicht gewisser Autoren in den lebenden Wesen wirksam sein soll; denn wenn eine solche Hypothese überhaupt einen Sinn haben sollte, so müßte sie auf Ausnahmen vom chemisch-physikalischen Geschehen in den Lebewesen gehen, auf Vorgänge, die im Widerspruch damit ständen; anderenfalls würde eine solche Annahme eben ganz überflüssig sein. In der Erblichkeitslehre würde ein Vitalist, der eine besondere „Lebenskraft“ annimmt, natürlich auch allerlei Ausnahmen von der allgemeinen Gesetzlichkeit erwarten müssen; nachgewiesen sind derartige Ausnahmen aber nicht; im Gegenteil gerade die Erfahrungen der Erblichkeitslehre sprechen stark gegen die Wirksamkeit einer besonderen „Lebenskraft“ oder „Entelechie“. Das kann in diesem Zusammenhange zwar nicht näher ausgeführt werden; jedenfalls aber haben wir gar keinen Grund, an der ausnahmslosen Gesetzlichkeit aller Lebensvorgänge auch auf dem Gebiete der Erblichkeitslehre zu zweifeln; und eben darum dürfen wir ihre allgemeinen Hypothesen auch bei der speziellen menschlichen Erblichkeitsforschung zugrunde legen.

Die wichtigsten Sätze der allgemeinen Erblichkeitslehre, welche wir bei der menschlichen Erblichkeitsforschung voraussetzen dürfen, sind die Nichtvererbung erworbener Eigenschaften und die allgemeine Geltung des Mendelschen Gesetzes. Es gibt zwar namhafte Erblichkeitsforscher, welche den Standpunkt vertreten, daß es auch echte Erblichkeit gebe, die nicht dem Mendelschen Gesetz folge. Was man als solche Ausnahmen vorgebracht hat (z. B. Übertragung von Eigenschaften der Chromatophoren grüner Pflanzen), hat beim Menschen aber keine Analogie; und es kann daher für die menschliche Erblichkeitsforschung außer Betracht bleiben. Ob es eine erbliche Übertragung durch das Zellplasma im Gegensatz zu der durch mendelnde Erbeinheiten, die im Zellkern lokalisiert zu denken sind, gebe, ist noch strittig; jedenfalls fehlen alle Anhaltspunkte, daß eine solche plasmatische Vererbung beim Menschen eine irgendwie bedeutende Rolle spiele. Auch die Geschlechtsbestimmung beim Menschen erfolgt sicher auf Grund mendelnder Erbeinheiten, die im Kern lokalisiert sind. Die Analogie des Erbganges sogenannter geschlechtsgebundener Anlagen (Beispiel Rotgrünblindheit) mit dem entsprechender Anlagen bei Tieren, z. B. bei der Obstfliege, Drosophila, ist so vollständig, daß ein Zweifel daran nicht mehr berechtigt erscheint. Wenn man die genannten Sätze nun auch für den Menschen als sichergestellt ansieht, so bleiben für den Erbgang spezieller menschlicher Eigenschaften, deren Erblichkeit untersucht werden soll, durchaus nicht mehr so viele Möglichkeiten offen, daß eine Auswahl unter ihnen auf Grund mensch-

lichen Erfahrungsmaterials nicht getroffen werden könnte. In vielen Fällen werden zwar vorerst mehrere mögliche Hypothesen offen bleiben müssen; in anderen aber ist schon heute die Entscheidung mit einer Sicherheit möglich, die den Erkenntnissen der sonstigen menschlichen Biologie, speziell auch der sonstigen Medizin und Hygiene, durchaus nicht nachsteht. In nicht wenigen Fällen kann man daher auch schon recht zuverlässige Voraussagen über den Erbgang menschlicher Anlagen machen. So war auf Grund dessen, was man über den Erbgang der geschlechtsgebundenen Rotgrünblindheit wußte, zu erwarten, daß zwei rotgrünblinde Eltern nur rotgrünblinde Kinder haben würden, obwohl ein solcher Fall noch niemals beobachtet worden war. Eine systematische Familienforschung, die der Ophthalmologe Vogt in Zürich unternahm, förderte dann einen Fall zutage, wo zwei rotgrünblinde Eltern drei ebensolche Kinder hatten. Die Erwartung wurde also durch die Erfahrung durchaus bestätigt.

C. Die Gewinnung familiengeschichtlichen Materials.

Wenn in der menschlichen Erblichkeitsforschung die Erhärtung der Hypothesen nicht an der Hand von experimentellen, sondern nur von nicht eigens herbeigeführten Tatsachen erfolgen kann, so bedeutet das nur einen relativen, keinen grundsätzlichen Unterschied der Zuverlässigkeit der Methode. Während der experimentelle Erblichkeitsforscher bestimmte Kreuzungen absichtlich herbeiführt, sucht der menschliche Erblichkeitsforscher sie auf. So hat Eugen Fischer die Nachkommen von Hottentottenmischlingen in Südwestafrika planmäßig aufgesucht, C. B. Davenport die von Negermischlingen in Amerika. Auch bei der Erforschung krankhafter Erbanlagen ist diese Methode anwendbar; ein Beispiel bietet die schon genannte Erforschung der Rotgrünblindheit durch Vogt. Im allgemeinen darf man annehmen, daß alle Kreuzungen, die praktisch von Interesse sind, in den Millionenbevölkerungen der Menschen irgendwo schon vorhanden sind; und wenn man sie aufsucht, so ist das ein vollwertiger Ersatz für ihre absichtliche Herbeiführung, die noch den Nachteil haben würde, viel zeitraubender zu sein, nämlich stets Jahre und oft Jahrzehnte erfordern würde, bis das Ergebnis in die Erscheinung treten würde.

Die Erfassung gegebener Tatsachen durch Zahl und Maß und ihre Verarbeitung zum Zweck der Gewinnung allgemeiner Regeln oder Gesetze macht das Wesen der statistischen Methode aus. Die Arbeitsweise der menschlichen Erblichkeitsforschung ist daher methodologisch im wesentlichen Statistik. Die statistische Erforschung menschlicher Erbanlagen kann und muß auf zwei verschiedenen Wegen betrieben werden, einerseits individualstatistisch oder genealogisch, andererseits massenstatistisch oder biometrisch. Von beiden Methoden wird noch zu reden sein.

Haecker vertritt in seiner Darstellung der Methoden menschlicher Erblichkeitsforschung die Ansicht, daß außer den statistischen Methoden auch noch die zytologische und die von ihm so genannte „phänogenetische“ wesentlich in Betracht kämen. Meines Erachtens ist die Zytologie zwar für die allgemeine Erblichkeitslehre sehr bedeutungsvoll, nicht aber für die spezielle menschliche. Gewiß wäre es sehr erwünscht, daß wir endlich einmal die Chromosomenzahl des Menschen mit Sicherheit erfahren würden und daß einmal festgestellt würde, ob beim Menschen besondere Geschlechtschromosome zytologisch unterschieden werden können; für den Erbgang menschlicher Anlagen würden wir daraus aber nichts Neues erfahren. Unter Phänogenetik oder entwicklungsgeschichtlicher Eigenschaftsanalyse will Haecker die Zurückführung der

ausgebildeten Merkmale durch ihre Entwicklungsstufen auf möglichst frühe Stadien, womöglich bis zu Besonderheiten der Chromosome verstanden wissen. Aber auch wenn eine solche Zurückführung Aussicht auf Gelingen hätte, wäre daraus meines Erachtens ein Aufschluß über den Erbgang nicht zu erhoffen. Bisher ist ein solcher in keinem Falle erzielt worden. Ich vermag in der „Phänogenetik" daher nur eine Betrachtungsweise der Entwicklungsgeschichte zu erblicken. Für die Erblichkeitslehre hat sie meines Erachtens nur die Bedeutung einer Hilfswissenschaft.

Die menschlichen Merkmale, welche auf Erblichkeit zu untersuchen sind und deren Erbgang im Falle ihrer Erblichkeit genauer festzustellen ist, können in morphologische, physiologische und psychologische eingeteilt werden. Ob man die psychologischen Merkmale als Unterabteilung der physiologischen betrachten oder ob man sie den physischen im ganzen gegenüberstellen will, ist dabei nicht von grundsätzlicher Bedeutung. Jedenfalls erfordern alle drei Gruppen von Merkmalen je ihre eigenen Methoden zu ihrer Feststellung und Beschreibung. Auf diese Methoden kann an dieser Stelle natürlich nicht eingegangen werden. Die Methoden zur Erfassung morphologischer Merkmale finden sich in den Lehrbüchern der Anthropologie, besonders dem von Martin dargestellt, die zur Erfassung physiologischer und psychologischer Merkmale in den Büchern über physiologische und psychologische Methodik. Einer besonderen Erwähnung bedürfen die pathologischen Merkmale, die je eine Unterabteilung der genannten drei Gruppen ausmachen. Zu deren Feststellung dienen die Methoden der Pathologie und der verschiedenen klinischen Fächer; für die genaue Feststellung der psychopathologischen Merkmale bedarf es meist der speziellen Sachkenntnis des Psychiaters. In Amerika wird die Sammlung des Materials für Erblichkeitsforschungen vielfach von nicht spezialistisch gebildeten Hilfskräften, sogenannten field workers, betrieben. Wenn es sich um schwerer festzustellende Merkmale, wozu die meisten Krankheiten und Anomalien gehören, handelt, so ist der Wert einer Erblichkeitsforschung, die sich auf von Laien gesammeltes Material stützt, natürlich von vornherein in Frage gestellt. Andererseits aber sollten keine zunftmäßigen Schranken errichtet werden, wo es nicht nötig ist. Viele erbliche Leiden können auch von nicht spezialistisch gebildeten Ärzten richtig erkannt werden, zumal wenn eine Einarbeitung in eine spezielle Aufgabe erfolgt. Auch wird es niemals ganz möglich sein, auf die Angaben von Laien überhaupt zu verzichten; es ist besser, wenn man über verstorbene oder sonst nicht erreichbare Verwandte untersuchter Personen Angaben von Laien bekommt, als wenn man überhaupt nichts über sie erfährt. Bei manchen Zuständen wird freilich die Feststellung durch Spezialisten unumgänglich sein; die Erforschung der Erblichkeit solcher Zustände wird daher ein Zusammenarbeiten des klinischen Spezialisten mit dem Erblichkeitsforscher erfordern, wofern nicht derselbe Forscher über genügende Kenntnisse auf beiden Gebieten verfügt.

Die individualstatistische Methode der Erblichkeitsforschung fällt grundsätzlich mit der der Familiengeschichte oder Genealogie zusammen. Jedoch bietet das von der Genealogie, so wie sie bisher betrieben wurde, zusammengebrachte Material meist nur eine sehr dürftige Ausbeute für den Erblichkeitsforscher. Es liegt auf der Hand, daß die Feststellung und Beschreibung der Merkmale, wie sie sich in genealogischen Familiengeschichten findet, für den Erblichkeitsforscher in der Regel ungenügend sein wird. Über das, was den Erblichkeitsforscher am meisten interessieren würde, findet er in den genealogischen Aufzeichnungen meist überhaupt keine Angaben. Die Genealogie ist eben ihrem Wesen nach

eine historische Disziplin; es kommt ihr auf das Einmalige und Individuelle an, auf die einzelnen Personen und Familien und ihre individuellen Zusammenhänge. Die Erblichkeitsforschung als naturwissenschaftliche Disziplin aber interessiert sich gerade für das Allgemeine und Gesetzliche, während ihr die einzelnen Personen und Familien als solche gleichgültig sind. Sie will z. B. wissen, wie sich die vorstehende Unterlippe vererbt, und nicht eigentlich, wie dieses Merkmal gerade im Geschlecht der Habsburger verbreitet war. Diese historische Kenntnis ist ihr nur Mittel zum Zweck der allgemeinen Erkenntnis. Daher kann die historische Genealogie für die Erblichkeitsforschung immer nur Hilfswissenschaft sein. Sie kann ihr gewiß große Dienste leisten durch Nachweis von Familienzusammenhängen, auch durch Berichte über so manche Einzelheit von erblichkeitswissenschaftlichem Interesse; grundsätzlich aber ist jene Familienforschung, die der Erblichkeitsforscher betreiben muß, von anderer Art. Sie ist naturwissenschaftliche Familienkunde oder Familienanthropologie.

Wenn es sich um die Frage der Erblichkeit irgendeines Merkmals handelt, so geht der Erblichkeitsforscher gewöhnlich von Trägern des Merkmals aus, die ihm entweder gelegentlich, z. B. bei ärztlicher Tätigkeit, oder infolge systematischen Suchens bekannt geworden sind. Es gilt nun, möglichst vollständig die Verwandtschaft der Merkmalsträger zu durchforschen. Soweit die Merkmalsträger unmittelbar, d. h. nicht erst infolge der Familienforschung von anderen Merkmalsträgern aus, zur Beobachtung kommen, nennt man sie Probanden oder Ausgangsfälle, im anderen Falle Sekundärfälle; diese Unterscheidung ist methodologisch wichtig, wie sich noch zeigen wird. Von allen Personen eines solchen Verwandtschaftskreises, Trägern wie Nichtträgern des zu erforschenden Merkmals, muß die körperliche und seelische Beschaffenheit möglichst genau festgestellt werden, wenigstens in bezug auf alle Merkmale, die mit dem Gegenstande der Forschung irgendwie in Zusammenhang stehen könnten. Bei der Erforschung der Erblichkeit von Geisteskrankheiten z. B. müssen nicht nur eventuelle andere Fälle von Geisteskrankheit in der Verwandtschaft möglichst genau festgestellt werden, sondern auch Fälle leichterer psychischer Anomalien, die Charaktertypen der gesunden Verwandten und nach Möglichkeit auch die körperlichen Typen der gesunden und kranken Verwandten. Wenn es sich um Merkmale handelt, die nicht schon von Geburt an erkennbar sind, sondern erst im Laufe des Lebens in die Erscheinung treten, ist es natürlich besonders wichtig, daß das Lebensalter aller Familienmitglieder zur Zeit der Untersuchung aufgezeichnet wird. Sehr erwünscht sind in solchen Fällen natürlich Nachuntersuchungen in späteren Jahren. Stets sollte auch festgestellt werden, ob Eheleute etwa blutsverwandt sind und in welchem Grade; ganz besonders wichtig ist diese Feststellung bei den Eltern der Merkmalsträger.

Natürlich ist die Untersuchung näherer Verwandter der Merkmalsträger wichtiger als die entfernter. Aus praktischen Gründen muß der Kreis der Untersuchung ja ohnehin eingeschränkt werden. Am wichtigsten ist die genaue Kenntnis der Geschwister, sodann die der Eltern und eventueller Kinder der Merkmalsträger. Im allgemeinen ist es nicht nötig, eine Nachforschung über den Kreis der Großeltern und ihrer Nachkommen auszudehnen; die Geschwister der Eltern und deren Kinder, d. h. die Vettern und Basen der Merkmalsträger, sollten aber womöglich noch untersucht werden. Auf die Erforschung entfernter Vorfahren große

Mühe zu verwenden, wie es in der historischen Genealogie üblich ist, ist für den Erblichkeitsforscher meist Zeitverschwendung. Die Kenntnis der Beschaffenheit von Nachkommen oder Seitenverwandten ist nicht weniger wertvoll als die von Vorfahren. Mit jedem seiner Kinder hat ein Mensch im Durchschnitt ebensoviel von seiner Erbmasse gemeinsam wie mit einem seiner Eltern, mit einem Vetter ebensoviel wie mit einem Urgroßvater; und da man über Lebende natürlich viel leichter etwas Sicheres feststellen kann als über Verstorbene, so ist die Erforschung der Seitenverwandtschaft im allgemeinen sogar wichtiger als die der Vorfahren. Eine Ausnahme bildet natürlich die Erforschung der Erblichkeit von Merkmalen, die erst im späteren Lebensalter in die Erscheinung zu treten pflegen. Natürlich kann es in gewissen Fällen auch angezeigt sein, eine Nachforschung über die Großeltern und ihre Nachkommen auszudehnen; das ergibt sich je nach der Lage des Falles, ohne daß sich allgemeine Regeln darüber aufstellen ließen.

Wenn die Eltern und Voreltern eines Probanden übersichtlich zusammengestellt werden, so spricht man von ihrer Ahnentafel. Wenn andererseits alle Nachkommen eines bestimmten Stammelternpaares aufgezeichnet werden, so spricht man von einer Nachkommentafel (Deszendenztafel) oder einem Stammbaum. Wenn von einer Ausgangsperson sowohl Vorfahren als auch Nachkommen und gegebenenfalls auch Seitenverwandte aufgezeichnet werden, so nennt man das eine Sippschaftstafel, die wohl im weiteren Sinne ebenfalls als Stammbaum bezeichnet wird. Für die Kennzeichnung der einzelnen Personen einer Ahnentafel oder eines Stammbaums sind verschiedene Bezifferungssysteme aufgestellt worden, die von den Genealogen als sehr wichtig angesehen zu werden pflegen. Für die Erblichkeitsforschung ist die Art der Bezifferung nicht wesentlich. Wer sich dafür interessiert, sei auf Scheidts Familienkunde verwiesen, wo verschiedene Systeme zusammengestellt sind. Auch die Darstellungsmethoden in Stammbaum- oder Ahnentafelform sind für die Erblichkeitsforschung nicht entscheidend. In der Genealogie hatte man lange Zeit vorzugsweise Stammbäume aufgestellt. Dann sah man ein, daß diese Methode nicht ausreichend war, zumal da in den Stammbäumen die weiblichen Linien meist vernachlässigt wurden. Man kam dann dazu, der Ahnentafel eine größere Bedeutung beizumessen, da diese alle Personen umfaßte, von denen ein Probandus seine Anlagen geerbt haben könnte. Für den Erblichkeitsforscher dagegen hat auch die Ahnentafel nicht eine so überragende Bedeutung, da, wie schon gesagt, die Kenntnis von Seitenverwandten und Nachkommen ebensowohl Rückschlüsse gestattet.

D. Die Auswertung des Materials.

I. Monomere Merkmale.

1. Feststellung der Erblichkeit im allgemeinen.

In manchen Fällen kann schon die Erfahrung an einem einzigen Verwandtschaftskreise ausreichen, um die Erblichkeit eines Merkmals klarzustellen. Das kommt allerdings nur bei Merkmalen vor, die praktisch im wesentlichen nur von einer einzigen Erbeinheit abhängen. Wenn auch, streng genommen, zwar jedes Organ und jedes Merkmal von der Summe aller Erbeinheiten abhängt und umgekehrt daher auch jede Erbeinheit irgendwelchen Einfluß auf alle Organe und alle Merkmale ausübt, so kann man die Anwesenheit einer Erbeinheit oft doch an einem ganz

bestimmten Merkmal erkennen. Solche Merkmale nennt man monomer im Unterschied von den polymeren, bei deren Zustandekommen mehrere Erbeinheiten wesentlich mitwirken.

Es ist hier nicht der Ort, die Grundbegriffe der Erblichkeitswissenschaft auseinanderzusetzen. Es muß vielmehr vorausgesetzt werden, daß der Leser weiß, was Mendeln ist, was die Begriffe dominant, rezessiv und geschlechtsgebunden bedeuten, was eine Modifikation und eine Mutation ist usw. Im allgemeinen wird man ja annehmen dürfen, daß ein Hygieniker, der an die Erforschung menschlicher Erbanlagen herangeht, über die Grundgesetze der Erblichkeit orientiert ist. Anderenfalls müßte auf die Einführungen in die Erblichkeitslehre, von denen speziell die von Erwin Baur genannt sei, verwiesen werden. Der Verfasser hat die allgemeine Erblichkeitslehre für das Handbuch der Physiologie von Bethe, v. Bergmann, Emden und Ellinger im 17. Bande dargestellt. Berlin 1926, J. Springer, S. 901—990.

Monomere Merkmale sind an ihren Trägern meist eindeutig festzustellen, so daß man von einer Person meist klar entscheiden kann, ob sie das Merkmal hat oder nicht. So kann man albinotische Individuen alternativ von pigmentierten unterscheiden. Polymere Merkmale, wie z. B. die Körperlänge, dagegen gestatten eine solche alternative Unterscheidung meist nicht; sie sind gewöhnlich bei verschiedenen Personen in sehr verschiedenem Grade ausgeprägt je nach Zahl und Art der beteiligten Erbeinheiten. Das bedingt natürlich eine viel größere Schwierigkeit der Erforschung ihrer Erblichkeit und auch Unterschiede der Methode ihrer Erforschung. Diese Unterschiede sind so stark, daß ich die Methoden der Erforschung monomerer und der polymerer Merkmale gesondert darstellen möchte. Polymerien niederen Grades, besonders die Dimerie, können dabei methodologisch an die Monomerie angeschlossen werden.

In allen Fällen, wo die Menschen hinsichtlich eines erblichen Merkmals deutlich in Träger und Nichtträger unterschieden werden können, wird man einen einfachen Erbgang vermuten und versuchen, ob das Erfahrungsmaterial zu einer der verschiedenen Möglichkeiten monomeren oder dimeren Erbganges paßt. Besonders bei krankhaften erblichen Merkmalen darf man von vornherein vermuten, daß in der Regel Monomerie oder höchstens eine Polymerie niederen Grades vorliege. Die Erfahrung hat nämlich gezeigt, daß krankhafte erbliche Merkmale im allgemeinen monomer, normale polymer bedingt sind; und das ist kein Zufall. Wenn eine bestimmte Erbeinheit eine so starke Abweichung ihres Trägers von der Beschaffenheit des Durchschnitts bewirkt, daß man ihn daran deutlich von anderen Individuen unterscheiden kann — und darin besteht ja das Wesen monomerer Merkmale —, so wird eine derartige Abweichung meist eine Störung der Erhaltungstüchtigkeit, d. h. einen krankhaften Zustand, bedingen. Erbeinheiten, die für sich allein ihren Trägern nicht ein bestimmtes Merkmal aufzuprägen vermögen, sondern die irgendeine Eigenschaft nur ein wenig beeinflussen und die erst in Mehrzahl stärkere Abweichungen bedingen, werden meist keine pathologische Bedeutung haben, sondern nur Unterschiede innerhalb der sogenannten Breite des Normalen bedingen. So ergibt sich die Regel: Krankhafte erbliche Zustände sind meist monomer, normale Eigenschaften polymer bedingt. Natürlich gilt diese Regel nicht ausnahmslos; aber sie kann in der Erblichkeitsforschung doch bei der Aufstellung von Arbeitshypothesen nützlich sein; und auf Grund des Tatsachenmaterials kann dann, wie oben auseinandergesetzt wurde, eine Auslese unter den Hypothesen getroffen werden.

Bevor man daran geht, den speziellen Erbgang eines Merkmals zu erforschen, wird man natürlich bestrebt sein, festzustellen, ob erbliche An-

lagen für das Zustandekommen des Merkmals überhaupt von Bedeutung sind oder nicht. Das ist gar nicht immer leicht. Wenn ein Merkmal bei Eltern und Kindern beobachtet wird, so wird man natürlich an Erblichkeit denken. Bewiesen wird die Erblichkeit eines Merkmales durch familiäre Häufung in einzelnen Fällen aber noch nicht. Es kommt dabei sehr wesentlich auf die allgemeine Häufigkeit eines Merkmals an. In unserer Bevölkerung gehen ungefähr 10% aller Menschen, die das erwachsene Alter erreichen, an Krebs zugrunde; auch wenn erbliche Anlagen zum Zustandekommen des Krebses gar nicht beitragen würden, wäre also zu erwarten, daß in ca. 20% aller Fälle entweder der eine oder der andere von zwei Ehegatten Krebs bekommen würde; in einem Fünftel aller Fälle würde ein Krebskranker auch einen krebskranken Elter haben. Erst wenn die familiäre Häufung darüber hinausgeht, wird man das also als Beleg für die erbliche Bedingtheit oder Mitbedingtheit eines Merkmals ansehen dürfen. Dabei müßte außerdem noch die Möglichkeit ausgeschlossen werden, daß es sich nicht um ein Merkmal handelt, das infolge gemeinsamer äußerer Einflüsse, z. B. Infektion mit dem gleichen Krankheitserreger, gehäuft auftritt. Wo das der Fall ist, kann die Bedeutung der erblichen Veranlagung sehr schwer festzustellen sein, z. B. bei der Tuberkulose. Leichter ist die erbliche Grundlage familiärer Häufung natürlich bei Merkmalen festzustellen, die nur selten, etwa mit der Häufigkeit 1 : 1000 oder noch seltener auftreten.

Wenn die Eltern eines Merkmalsträgers frei von dem Merkmal sind, so spricht das durchaus nicht gegen erbliche Bedingtheit. Bei rezessiven Merkmalen, d. h. solchen, zu deren Zustandekommen zwei gleichartige Erbeinheiten zusammentreffen müssen, ist das sogar, wenigstens bei selteneren Merkmalen, geradezu die Regel. Auch rezessive Merkmale dagegen zeigen in genügend umfangreichem Material eine über den Durchschnitt hinausgehende Häufung unter Geschwistern. Das muß aber nicht in jedem Einzelfall zutreffen. Ein einfach rezessives Merkmal, das im ganzen ziemlich selten ist, ist nach der Theorie bei einem Viertel der Kinder von Eltern, die beide die Anlage dazu einfach, aber latent, enthalten, zu erwarten. In Familien mit nicht mehr als 4—6 Kindern wird in den meisten Fällen also nur ein Kind und oft auch gar keines mit dem Merkmal behaftet sein. Familien mit nur einem Merkmalsträger dürfen also bei der Feststellung von Zahlenverhältnissen nicht weggelassen werden.

2. Fehlerquellen und ihre Vermeidung.

a) Die Geschwistermethode.

Bei der Untersuchung auf familiäre Häufung oder allgemeiner bei der Feststellung von Zahlenverhältnissen zwischen Trägern und Nichtträgern eines Merkmals, die für die Erblichkeitsforschung so wichtig ist, drohen gewisse Gefahren des Irrtums. Erfahrungsgemäß werden oft „interessante“ Fälle veröffentlicht, wo in einer Familie auffallend viele Mitglieder mit einem Merkmale behaftet sind, was aber mit dem Erbgange als solchem nichts zu tun zu haben braucht, sondern zufällig bedingt sein kann. Wenn man durch Zusammenstellen derartiger Fälle aus der Literatur Zahlenverhältnisse feststellen wollte, so würde man Zahlen erhalten, die zugunsten der Merkmalsträger gegenüber dem wahren Durchschnitt verschoben wären. Bei der Materialsammlung müssen daher Familien mit einzelnen oder mit wenigen Fällen ebenso berücksichtigt werden wie solche mit vielen. Fehler, die dabei gemacht werden, lassen sich später durch kein Mittel mehr ausgleichen.

Aber auch auf andere Weise kann eine irreführende Häufung von Merkmalsträgern in einem Material zustandekommen. Wenn z. B. die erbliche Bedingtheit eines bestimmten krankhaften Zustandes untersucht werden soll, so geht man in der Regel so vor, daß von allen Merkmalsträgern, die in die Behandlung einer bestimmten Klinik oder eines bestimmten Arztes kommen, die nähere Verwandtschaft der Merkmalsträger in bezug auf den betreffenden Zustand erforscht wird. Je mehr Mitglieder eine Familie nun hat, die damit behaftet sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß eines oder mehrere dieser behafteten Mitglieder in die Behandlung des betreffenden Arztes oder der Klinik gekommen sind. Folglich hat eine Familie auch eine um so größere Wahrscheinlichkeit, in das Untersuchungsmaterial zu kommen, je mehr Merkmalsträger sie umfaßt; und in dem Untersuchungsmaterial sind daher mehr Familien mit größerer Häufung des Merkmals vorhanden, als es der allgemeinen Häufigkeit in Familien gleicher Veranlagung entspricht. Zum Zweck der Ausschaltung dieser nicht durch den Erbgang als solchen bedingten Häufung von Merkmalsträgern hat Weinberg die sogenannte Geschwistermethode eingeführt. Diese beruht auf der Überlegung, daß für die Geschwister der Probanden (der Ausgangsfälle) dieselben Wahrscheinlichkeiten der Kombination der Erbeinheiten der Eltern bestanden wie für die Probanden selber, daß die Geschwister aber einer einseitigen Auslese im Sinne einer Häufung der Merkmalsträger nicht ausgesetzt waren. Wenn man also das Zahlenverhältnis unter den Geschwistern mit Ausschluß der Probanden feststellt, so muß man das wahre Zahlenverhältnis (natürlich abgesehen von dem Fehler der kleinen Zahl) erhalten. Die Geschwistermethode gilt zu Unrecht als eine schwierige Sache; sie beruht auf nichts anderem als der eben dargelegten sehr einfachen Überlegung; und auch ihre Anwendung gestaltet sich sehr einfach, wenn das Material einmal gesammelt ist. Wenn in einer Familie mehrere Probanden vorhanden sind, d. h. wenn mehrere Merkmalsträger unmittelbar und nicht erst infolge der Familienforschung zur Beobachtung kamen, so muß auch jeder Proband als Geschwister gezählt werden, und zwar so oft, als weitere Probanden außer ihm vorhanden sind.

Wenn in einer Bevölkerung alle Familien, die überhaupt Merkmalsträger enthalten, von einer Sammelforschung erfaßt sind, oder wenn ein gleichartig zusammengesetztes Stichprobenmaterial vorliegt, so ist so zu verfahren, als ob sämtliche Merkmalsträger Probanden wären. Die Probandenmethode geht in diesem Falle in die spezielle Geschwistermethode über. Um zwei verschiedene Methoden, wie öfter angenommen wird, handelt es sich dabei im Grunde nicht; die spezielle Geschwistermethode ist vielmehr eigentlich nur ein Grenzfall der Probandenmethode; und andererseits kann man auch die Probandenmethode im weiteren Sinne als Geschwistermethode bezeichnen, da sie ja der Feststellung von Zahlenverhältnissen unter Geschwistern dient.

Es dürfte angezeigt sein, die Geschwistermethode an einem analytischen Beispiel zu erläutern. Wenn ein bestimmtes Merkmal bei gegebener Erbkonstitution der Eltern im Durchschnitt bei einem Viertel der Kinder solcher Eltern auftritt, so werden beim Vorhandensein von je zwei Kindern pro Ehe im Durchschnitt in einem Sechzehntel der entsprechenden Ehen beide Kinder das Merkmal aufweisen. Die Verteilung von Kindern mit und ohne Merkmal ergibt sich aus der binomischen Formel $(1\,m + 3\,n)^2 = 1\,m\,m + 3\,m\,n + 3\,n\,m + 9\,n\,n$. Eine repräsentative Stichprobenauslese von 16 Familien stellt sich also folgendermaßen dar,

wobei je zwei untereinander stehende Kreise immer zwei Kinder einer Familie bedeuten:

Das Verhältnis zwischen Trägern und Nichtträgern des Merkmals im ganzen ist $8:24 = 1:3$, wie es der Voraussetzung entspricht. Wenn man aber das Verhältnis von Trägern zu Nichtträgern des Merkmals durch einfaches Auszählen der Kinder in jenen Familien, die mindestens einen Merkmalsträger enthalten, feststellen wollte, so würde man $8:6 = 4:3$, also ein ganz anderes Verhältnis erhalten. Dieser Fehler ist vielfach gemacht worden und wird immer wieder gelegentlich gemacht, was schon zu allerhand Trugschlüssen Anlaß gegeben hat. Das richtige Zahlenverhältnis erhält man, wenn man die Zahl der Merkmalsträger unter den Geschwistern der Merkmalsträger in Beziehung zu der Zahl der Nichtträger unter den Geschwistern der Träger setzt. In der ersten Familie hat jeder der beiden Merkmalsträger ein Geschwister mit dem Merkmal (der zweite ist ein Geschwister des ersten und der erste ein Geschwister des zweiten). In den übrigen sechs Familien, wo Merkmalsträger vorkommen, haben diese nur Nichtträger zu Geschwistern, und zwar im ganzen sechs. Setzt man zu dieser Zahl die der Merkmalsträger unter den Geschwistern der Merkmalsträger, nämlich zwei, in Beziehung, so erhält man das richtige Verhältnis $2:6 = 1:3$. Entsprechendes ließe sich natürlich auch für Familien mit größerer Kinderzahl zeigen.

Die Voraussetzung dieser Rechnung war aber, daß eine Stichprobenauslese vorlag, die ebenso zusammengesetzt war wie die Gesamtheit aller entsprechenden Familien. Wenn ein Forschungsmaterial von Merkmalsträgern (z. B. bestimmten Kranken einer Klinik) aus gesammelt ist, so ist die Zusammensetzung aber in der Regel eine andere. In dem Schema hat die Familie 1 eine doppelt so große Wahrscheinlichkeit, in ein solches Material hineinzukommen als eine der sechs folgenden Familien, weil sie eben doppelt so viele Merkmalsträger enthält, die Anlaß zur Nachforschung geben können. In einem so gesammelten Material würden also auf eine Familie mit zwei Merkmalsträgern nur drei mit einem Merkmalsträger kommen; das Material würde also folgendermaßen zusammengesetzt sein:

Die Geschwistermethode in ihrer oben geschilderten Form würde $2:3$, also ein ebenfalls noch zu hohes Verhältnis ergeben, da das richtige Verhältnis $1:3$ ist. Zählt man dagegen nur die Geschwister der Probanden, so erhält man auch hier das richtige Verhältnis. In der Familie 1 des zweiten Schemas war nur ein Proband vorhanden; denn da von den Familien 2—7 des ersten Schemas nur die Hälfte in das Material gekommen sind, so folgt daraus, daß nur die Hälfte der Merkmalsträger Probanden geworden sind. Infolgedessen sind die vier oberen Geschwister des zweiten Schemas als Probanden anzusehen; diese haben unter ihren Geschwistern einen Träger und drei Nichtträger des Merkmals. Das richtige Verhältnis $1:3$ ist also vorhanden.

Wenn nun in dem gedachten Beispiel nicht nur die Hälfte, sondern alle Merkmalsträger unmittelbar erfaßt, d. h. Probanden wären, so würde

ein von den Probanden aus erfaßtes Material folgende Zusammensetzung haben:

● ● ● ● ○ ○ ○
● ○ ○ ○ ● ● ●

Dann wären beide Merkmalsträger in Familie 1 Probanden; das Verhältnis unter den Geschwistern der Probanden wäre $2:6=1:3$; d. h. mit fortschreitender Erfassung aller Merkmalsträger als Probanden geht die Probandenmethode schließlich in die spezielle Geschwistermethode als ihren Grenzfall über.

Wenn es sich um Merkmale handelt, die erst im Laufe des Lebens in die Erscheinung treten, so stößt die Anwendung der Geschwistermethode natürlich auf Schwierigkeiten. Wie man ihnen begegnet, hat Weinberg in einem Beitrage zu Rüdins Arbeit über die Vererbung der Dementia praecox gezeigt. Es war die Aufstellung einer Morbiditätstafel für diese Krankheit nötig.

[b) Die Mängel der Geschwistermethode und ihr Ersatz.

Leider bedeutet die Weinbergsche Geschwistermethode keineswegs eine ideale Lösung der vorliegenden Aufgabe. Alle Merkmalsträger in Geschwisterreihen mit nur einem Merkmalsträger fallen dabei ja für die Berechnung aus; und da die Anwendung der Geschwistermethode gerade in erster Linie für die Prüfung auf rezessiven Erbgang bzw. die Mitwirkung rezessiver Erbanlagen in Betracht kommt, so fällt meist sogar die Mehrzahl der Merkmalsträger überhaupt für die Rechnung aus. Die Feststellung des Prozentsatzes der Merkmalsträger gründet sich daher nur auf jene meist in der Minderheit befindlichen Merkmalsträger, die in den Geschwisterreihen gehäuft vorkommen, und infolgedessen wird der Fehler der kleinen Zahl verhältnismäßig groß. Es ist entschieden ein Schönheitsfehler, daß die Geschwistermethode, die doch den durch Häufung von Merkmalsträgern entstehenden Fehler beseitigen soll, sich gerade in erster Linie auf die Geschwisterreihen mit gehäuften Merkmalsträgern stützt. Es dürfte sich daher empfehlen, die Lösung der Aufgabe auf einem anderen Wege zu suchen.

Jene Häufung von Merkmalsträgern, welche dadurch entsteht, daß Geschwisterreihen mit mehreren Merkmalsträgern eine erhöhte Wahrscheinlichkeit haben, in das Material hineinzukommen, kann man dadurch korrigieren, daß man die Geschwisterreihen umgekehrt proportional der Zahl ihrer Merkmalsträger ins Gewicht fallen läßt. Natürlich muß jede Geschwisterreihe mit diesem reduzierten Gewicht so oft berücksichtigt werden, als Probanden in ihr vorhanden sind. Weiterhin handelt es sich dann nur noch darum, dem Umstande Rechnung zu tragen, daß die „leeren" Geschwisterreihen, d. h. die ohne Merkmalsträger, nicht im Material vertreten sind. Wie viele das sind, läßt sich nun freilich nicht aus dem Erfahrungsmaterial berechnen; wohl aber läßt sich berechnen, wie viele leere Geschwisterreihen bei einem bestimmten Erbgang zu erwarten wären. Und da es gemäß unseren allgemein methodologischen Darlegungen sich immer nur darum handelt, zu prüfen, ob das Erfahrungsmaterial mit einer bestimmten Hypothese vereinbar ist oder nicht, so genügt diese Möglichkeit, um zu einem Urteil zu kommen.

Bei gleicher Geschwisterzahl ist der Prozentsatz der leeren Geschwisterreihen um so größer, je kleiner der theoretische Prozentsatz der

Merkmalsträger ist; und bei gleichem theoretischen Prozentsatz der Merkmalsträger ist der Prozentsatz der leeren Geschwisterreihen um so größer, je kleiner die Zahl der Geschwister ist. Betrachten wir z. B. den Fall des einfach rezessiven Erbganges, bei dem ein Viertel der Kinder nicht behafteter Eltern Merkmalsträger sind. In Einkindfamilien kommen auf ein Kind, das Merkmalsträger ist, drei, die keine Merkmalsträger sind; drei Viertel der Einkindfamilien sind also leer. In der Gruppe der Familien, wo zwei Geschwister vorhanden sind, kommen auf 7 Geschwisterreihen mit mindestens einem Merkmalsträger 9 ohne einen solchen, auf 16 Geschwisterreihen überhaupt also 9 leere, das sind 58% oder $(\frac{3}{4})^2$. Das Verhältnis ergibt sich aus der binomischen Formel $(\frac{1}{4}+\frac{3}{4})^2=\frac{1}{16}+\frac{6}{16}+\frac{9}{16}$. In der Gruppe der Familien mit drei Geschwistern ergibt sich aus der Formel $(\frac{1}{4}+\frac{3}{4})^3$ die Zahl der leeren Geschwisterreihen auf $\frac{27}{64}=42\%$. In der Gruppe der Familien mit vier Geschwistern erhält man $(\frac{3}{4})^4=\frac{81}{256}=32\%$; in der Gruppe mit fünf Geschwistern $(\frac{3}{4})^5=\frac{243}{1024}=24\%$. Und so weiter. Man teilt also zum Zweck der Prüfung auf die Möglichkeit einfach rezessiven Erbgangs das Material in Gruppen nach der Geschwisterzahl ein, schlägt in jeder Gruppe den erwartungsmäßigen Prozentsatz leerer Geschwisterreihen hinzu, addiert dann alle Geschwisterreihen und sieht zu, ob das so erhaltene Zahlenverhältnis zwischen Merkmalsträgern und Nichtträgern innerhalb des Fehlers der kleinen Zahl mit dem theoretischen 1:3 vereinbar ist. Wenn es nicht stimmt, so spricht das stark gegen rezessiven Erbgang; wenn es aber stimmt, so darf man ihn deswegen noch nicht als sichergestellt ansehen, sondern muß erst noch prüfen, ob das Material nicht auch zu einem oder mehreren der übrigen in Betracht kommenden Erbgänge paßt. Wenn ja, so muß die Entscheidung auf Grund weiterer Kriterien (Blutsverwandtschaft usw.) zu treffen gesucht werden.

Auf die erwähnten Mängel der Weinbergschen Geschwistermethode hat schon F. R. Berwald*) in einer durch F. Bernstein angeregten Arbeit hingewiesen. Der von mir hier angegebene positive Weg der Lösung ist bisher noch nicht veröffentlicht worden. Bernstein wird vermutlich in seinem Beitrag zum Handbuch der Vererbungswissenschaft von Baur und Hartmann, der die Vererbungsstatistik behandelt, auch seinerseits darauf eingehen. Einstweilen liegt diese Arbeit noch nicht vor. Wenn man in Zukunft Weinbergs Geschwistermethode weniger anwenden wird, so bleibt doch sein Verdienst ungeschmälert, daß er als erster die Quellen der Häufung von Merkmalsträgern in voller Klarheit erkannt und unterschieden hat.

Natürlich muß bei der Feststellung von Zahlenverhältnissen unter Geschwistern stets der Fehler der kleinen Zahl berücksichtigt werden. Da die Fehlerberechnung indessen keine spezielle Methode der Erblichkeitsforschung, sondern eine allgemeine der Statistik ist, darf in dieser Beziehung auf den Abschnitt über die statistische Methode in der „Allgemeinen Methodik“ verwiesen werden.

Um den Fehler der kleinen Zahl einzuschränken, muß man stets bestrebt sein, Zahlenverhältnisse an einem möglichst großen Material zu berechnen. Aus einer einzigen Geschwisterreihe kann man ein Zahlenverhältnis nicht einmal annähernd richtig feststellen. Die Zusammenzählung von Geschwisterreihen aus verschiedenen Familien aber ist zum Zweck der Feststellung von Mendelzahlen, streng genommen, nur dann zulässig, wenn die als gleichartig erscheinenden Merkmale in den verschiedenen Familien wirklich erbbiologisch gleichartig sind; und das ist in vielen

*) Berwald, F. R., Über die Weinbergsche Geschwistermethode. Skandinavisk Aktuarietidskrift 1924, S. 75—106.

Fällen problematisch. So umfaßt die Gruppe der erblichen Muskelatrophien offenbar mehrere erbbiologisch verschiedene Zustände, die klinisch nicht sicher voneinander zu unterscheiden sind. Anscheinend gibt es neben einfach rezessiven Anlagen zu Muskelatrophie auch geschlechtsgebundenrezessive und schließlich auch dominante. Die verschiedenen Erbgänge der verschiedenen Anlagen bedingen natürlich verschiedene Zahlenverhältnisse in den Geschwisterreihen, und es liegt auf der Hand, daß die Zusammenzählung verschiedener Geschwisterreihen daher irreführende Zahlen ergeben kann. Man wird natürlich bestrebt sein, möglichst nur Geschwisterreihen mit gleichartigen Anlagen zusammenzuzählen; aber die erbbiologische Gleichartigkeit kann eben am Anfang einer Untersuchung oft noch nicht angenommen werden. Andererseits können wirklich gleichartige Anlagen in verschiedenen Individuen sich unter etwas verschiedenen Bildern äußern, was ebenfalls zu Irrtümern Anlaß geben kann. Durch diese Schwierigkeiten wird die Anwendbarkeit der Geschwistermethode wie aller Summierungsmethoden leider stark beeinträchtigt. Daher wird die Erforschung einzelner Stammbäume neben den Methoden summierender Statistik immer ihren Wert behalten; in manchen Fällen ist es sogar möglich, aus den Geschwisterreihen eines einzigen größeren Stammbaums, in dem sich offensichtlich eine bestimmte Erbanlage ausgebreitet hat, ziemlich zuverlässige Zahlenverhältnisse festzustellen.

3. Dominante Merkmale.

Monomere Merkmale sind in ihrer erblichen Bedingtheit natürlich viel leichter zu erforschen als polymere. Unter den monomeren sind im allgemeinen wieder die dominanten am leichtesten zu erkennen. Wenn man von Trägern derartiger Merkmale ausgeht, so ist zu erwarten, daß auch einer von den beiden Eltern das Merkmal aufweist, bei häufigeren Merkmalen eventuell sogar beide Eltern. Weiter ist zu erwarten, daß auch einer der vier Großeltern mit dem Merkmal behaftet ist; bei regelmäßig dominanten Anlagen ist sogar zu erwarten, daß der Erbgang ununterbrochen durch die Generationen zurückverfolgt werden kann; denn da das Vorhandensein einer einzigen Anlage dieser Art in einer Erbmasse schon genügt, um dem Individuum ihren Stempel aufzudrücken und die Erbanlage ja von einem der Eltern und weiter von einem der Großeltern, der Urgroßeltern usw. stammen muß, so müßte der Erbgang ununterbrochen zurückverfolgt werden können, wenigstens in Fällen, wo andere Erbeinheiten beim Zustandekommen des Merkmals nicht mitwirken (und das ist ja die Voraussetzung bei eigentlicher Monomerie) und wo auch äußere Einflüsse für die Auslösung des Merkmals keine Rolle spielen. So hat Nettleship den Erbgang der Nachtblindheit durch neun Generationen, Entres den der Chorea durch sieben Generationen zurückverfolgen können. Im Dunkel der Vergangenheit verliert sich der Faden allerdings meist bald infolge des Fehlens einschlägiger Überlieferungen. Denkbar ist natürlich auch, daß ein bestimmter Vorfahr der erste Träger des Merkmals war, d. h. daß die zugrundeliegende Erbanlage damals auf dem Wege der Mutation neu entstanden sei. Man wird aber gut tun, diese Möglichkeit nur mit Vorsicht ins Auge zu fassen; bisher ist kaum ein einziger derartiger Fall mit Sicherheit festgestellt worden.

Deszendenzwärts kann auch ein dominanter Erbgang jederzeit abreißen; denn da im allgemeinen nur die Hälfte der Kinder die Anlage bekommt, können die Kinder eines Merkmalsträgers, besonders wenn es

nur wenige sind, natürlich auch frei davon sein. Unter den Geschwistern der Merkmalsträger sind bei dominantem Erbgang ebenfalls etwa 50% Merkmalsträger zu erwarten. Die Feststellung des Zahlenverhältnisses unter den Geschwistern und unter den Kindern kann daher zur Bestätigung beitragen.

In den meisten Fällen ist es in der menschlichen Erblichkeitsforschung nicht möglich, das eigentlich dominante Verhalten einer Erbanlage von intermediärem zu unterscheiden. Streng genommen setzt der Begriff der vollständigen Dominanz voraus, daß eine Erbanlage im heterogametischen Zustande sich ebenso äußere wie im homogametischen. Krankhafte Erbanlagen können aber nur dann homogametisch auftreten, wenn sie von beiden Eltern her zusammentreffen, und wenn nun eine einzelne Erbanlage für sich schon einen krankhaften Zustand bedingt, so kommt es nur selten vor, daß zwei gleichartig Kranke miteinander die Ehe eingehen. Nur an den Nachkommen derartiger Paare könnte man aber entscheiden, ob eine bestimmte krankhafte Erbanlage im homogametischen Zustand etwa ein schwerer krankhaftes Bild bedinge wie im heterogametischen Zustand oder nur ein gleich schweres. Abgesehen davon, zeigen intermediäre Anlagen denselben Erbgang wie eigentlich dominante; und die Entscheidung ist daher in den meisten Fällen nicht möglich. Praktisch hat dieser Unterschied auch keine große Bedeutung, eben nur für den seltenen Fall, daß zwei gleichartig Kranke miteinander die Ehe eingehen wollten. Man spricht daher auch in jenen Fällen, wo möglicherweise intermediäres Verhalten vorliegen könnte, meist einfach von Dominanz; und dieses Wort steht in der menschlichen Erblichkeitspathologie daher eigentlich für mehr oder weniger dominantes Verhalten einschließlich des intermediären.

Recht häufig kommen Stammbäume vor, in denen ein Merkmal zwar im ganzen dominanten Erbgang aufweist, einzelne Generationen davon aber „übersprungen“ werden. Wenn es sich dabei nicht einfach um Lücken in der genealogischen Feststellung handelt, so kommen folgende Ursachen dafür in Betracht. Bei Erbanlagen, die sich erst in höherem Lebensalter zu äußern pflegen (z. B. Chorea), können Träger der Anlage gestorben sein, bevor sie bei ihnen zum Ausbruch gekommen ist. Bei Anlagen, die der Auslösung durch äußere Einflüsse bedürfen, können diese Einflüsse gefehlt haben. Schließlich können gewisse Erbanlagen eventuell auch durch andere an der Manifestation gehindert werden; in diesem Fall würde schon eine gewisse Polymerie gegeben sein. Jedenfalls tut man gut, im Falle des Überspringens einzelner (eventuell auch mehrerer) Generationen dominanten Erbgang nicht einfach auszuschließen, sondern auch die Möglichkeit unregelmäßiger Dominanz ins Auge zu fassen.

Als eine besondere Art des dominanten Erbgangs kommt der dominant-geschlechtsgebundene in Betracht; es handelt sich dabei um Erbanlagen, die in einem Geschlechtschromosom lokalisiert sind.

Dieser Erbgang wäre daran zu erkennen, daß etwa doppelt so viele Frauen als Männer Merkmalsträger wären und daß sämtliche Töchter behafteter Männer ebenfalls behaftet, sämtliche Söhne behafteter Männer aber frei von dem Merkmal wären. Dominant-geschlechtsgebunden verhält sich z. B. normale Farbentüchtigkeit gegenüber der Rotgrünblindheit. Dominant-geschlechtsgebundener Erbgang von Krankheiten oder Anomalien ist jedenfalls sehr selten. Bisher hat nur Siemens einen solchen Fall von einem Haut- bzw. Haarleiden beschrieben; streng genommen handelte es sich allerdings um unvollständige Dominanz bzw. intermediäres Verhalten einer geschlechtsgebundenen Anlage.

4. Rezessive Merkmale.

a) Rezessive geschlechtsgebundene Merkmale.

Von großer praktischer Bedeutung ist der rezessiv-geschlechtsgebundene Erbgang, der z. B. für die Rotgrünblindheit und die Bluterkrankheit sichergestellt ist. Eine rezessiv-geschlechtsgebundene Erbanlage äußert sich im männlichen Geschlecht regelmäßig, da hier kein zweites Geschlechtschromosom, durch welches die rezessive Anlage überdeckt werden könnte, vorhanden ist. Im weiblichen Geschlecht dagegen wird eine rezessiv-geschlechtsgebundene Erbanlage durch die entsprechende (allelomorphe) normale im zweiten Geschlechtschromosom in der Regel überdeckt; sie äußert sich bei weiblichen Personen nur, wenn zwei gleichartige Anlagen zusammentreffen, was nur relativ selten der Fall ist. Rezessiv-geschlechtsgebundene Anlagen werden daher oft von einem behafteten Manne durch die gesunde Tochter auf männliche Enkel übertragen; sie können aber auch durch mehrere Generationen weiblicher Linie verdeckt weitergegeben werden. Derartige Anlagen sind leicht daran zu erkennen, daß sie viel häufiger im männlichen als im weiblichen Geschlecht vorkommen, niemals aber vom Vater auf den Sohn übertragen werden.

Rezessiv-geschlechtsgebundene Anlagen sind öfter mit solchen verwechselt worden, die sich nur im männlichen Geschlecht äußern können wie z. B. die Hypospadie. Man unterscheidet solche Anlagen gegenwärtig meist als „geschlechtsbegrenzte“ von den „geschlechtsgebundenen“, während man früher beide als „geschlechtsbegrenzt“ zusammenzufassen pflegte. Geschlechtsbegrenzte Anlagen können vom Vater auf den Sohn übergehen, geschlechtsgebundene aber nicht; daran kann man sie unterscheiden. Auf den „Dominanzwechsel nach dem Geschlecht“ sowie auf Erblichkeit in ausschließlich männlicher oder ausschließlich weiblicher Linie gehe ich hier nicht ein, da sie zwar theoretisch möglich, bisher aber für den Menschen nicht nachgewiesen sind.

b) Einfach rezessive Merkmale.

Am schwersten von den monomeren Anlagen sind die einfach rezessiven zu erkennen. Es wurde schon weiter oben bemerkt, daß die Eltern von Trägern rezessiver Anomalien meist frei davon sind, und ebenso auch die Kinder der Merkmalsträger. Auch unter den Geschwistern der Merkmalsträger werden in vielen Fällen keine weiteren Merkmalsträger vorhanden sein, zumal dann, wenn die Zahl der Geschwister über einige wenige nicht hinausgeht. Bei Zusammenzählung einer größeren Zahl von Geschwisterreihen sind unter Anwendung der oben skizzierten Geschwistermethode ungefähr 25% Merkmalsträger unter den Geschwistern zu erwarten, vorausgesetzt, daß beide Eltern frei von dem Merkmal sind. Zählt man das Verhältnis jener Geschwister aus, deren einer Elter ebenfalls Merkmalsträger ist, so sind 50% zu erwarten. In jenen seltenen Fällen, wo beide Eltern Merkmalsträger sind, ist der Regel nach zu erwarten, daß auch alle Kinder das Merkmal aufweisen. Scheinbare Ausnahmen von dieser letzteren Regel sprechen indessen nicht gegen Rezessivität. Es könnte nämlich der Fall vorliegen, daß beide Eltern mit einer nur phänotypisch gleichen oder ähnlichen, erbbiologisch aber doch im Grunde ungleichartigen rezessiven Anlage behaftet seien; und in diesem Fall ist nicht zu erwarten, daß alle Kinder behaftet, sondern im Gegenteil, daß sie alle frei sind.

Zur Entscheidung der Frage, ob ein Leiden durch eine rezessive Erbanlage bedingt ist, ist die Feststellung der Häufigkeit von Blutsverwandtschaft der Eltern von wesentlicher Bedeutung. Gleichartige Erbanlagen werden natürlich bei Verwandtenehen häufiger zusammentreffen als bei irgendwelchen anderen Verbindungen. Nähere Verwandtenehen bis zu Vetternehen 1. Grades kommen in unserer Bevölkerung mit einer Häufigkeit von ungefähr ¼—½% vor; auf dem Lande sind Verwandtenehen häufiger, in der Stadt seltener; auch sind sie in der katholischen Bevölkerung etwas seltener als in der evangelischen, am häufigsten sind sie unter den Juden, was mit dem Umstande zusammenhängt, daß die Juden als kleine Minderheit unter der nichtjüdischen Bevölkerung leben, und daher bei der Ehewahl auf einen verhältnismäßig kleinen Kreis von Familien angewiesen sind (abgesehen von Mischehen). Die Häufigkeit blutsverwandter Ehen bei den Eltern der Träger gewisser Anomalien ist um so größer zu erwarten, je seltener die betreffende Anomalie in der Bevölkerung ist. Wenn eine bestimmte rezessive Anlage überhaupt nur in einer einzigen Familie vorhanden wäre, so würden zwei derartige Anlagen ausschließlich nur durch Verwandtenehe zusammengeführt und damit manifest gemacht werden können. Die Merkmalsträger würden in diesem angenommenen Grenzfall also zu 100% aus Verwandtenehen stammen. Wenn dagegen eine rezessive Anlage in einer Bevölkerung sehr verbreitet ist, so werden zwei solcher Anlagen oft auch ohne Verwandtenehe zusammentreffen und die Häufigkeit der Verwandtenehe unter den Eltern der Merkmalsträger wird demgemäß geringer sein. Bei relativ seltenen Anomalien oder Leiden spricht eine Steigerung der Verwandtenehe unter den Eltern der Merkmalsträger, die über die allgemeine Häufigkeit wesentlich hinausgeht, daher entscheidend für Bedingtheit durch rezessive Anlagen, das Fehlen einer solchen Steigerung entscheidend dagegen. Auch hier muß natürlich der Fehler der kleinen Zahl berücksichtigt werden; und leider bedeutet die Schwierigkeit der Beschaffung genügend großen Materials eine große Beeinträchtigung dieser Methode. Jedenfalls aber sollte mit Rücksicht auf ihre Wichtigkeit in jedem Falle festgestellt werden, ob und in welchem Grade die Eltern der Träger eines Merkmals, dessen Erblichkeit es zu erforschen gilt, blutsverwandt sind. Die Blutsverwandtschaft der Großeltern oder anderer Vorfahren ist dagegen für diese Frage bedeutungslos, was öfter übersehen wird.

Nicht selten zeigt sich bei der Nachforschung nach der Erblichkeit gewisser Merkmale, daß zwar manche Anhaltspunkte für rezessiven Erbgang bestehen, daß unter den Geschwistern aber weniger als 25% damit behaftet sind. Diese Erscheinung kann verschiedene Ursachen haben. Erstens könnte die Anlage trotz homogametischen Vorhandenseins noch der Auslösung durch äußere Einflüsse bedürfen. Zweitens könnte die Mitwirkung weiterer Erbeinheiten nötig sein, d. h., es könnte Polymerie vorliegen. Drittens könnte durch Wegsterben behafteter Geschwister das Zahlenverhältnis verschoben sein. Weiter könnten auch schon die mit einer bestimmten Erbanlage behafteten Keimzellen relativ seltener zur Befruchtung gelangt sein. Schließlich könnte ein Teil der Fälle neue Mutationen darstellen, die natürlich ohne Einfluß auf die Erbmasse der Geschwister wären und daher dazu beitragen würden, den Prozentsatz der Merkmalsträger unter den Geschwistern herabzudrücken.

Diese verschiedenen Möglichkeiten der Störung des Zahlenverhältnisses sind außerordentlich schwer auszuschließen. Die selektive Befruch-

tung oder „Zertation“ ist im Züchtungsexperiment leicht nachzuweisen, und es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß sie auch beim Menschen eine ziemlich große Rolle spielt. Nachzuweisen aber ist sie an menschlichem Material außerordentlich schwer, am ehesten noch bei einfach dominanten Anlagen. Da unterschiedliche Befruchtungstüchtigkeit hauptsächlich nur zwischen verschieden veranlagten Samenzellen, kaum aber bei Eizellen in Betracht kommt, wäre zu erwarten, daß unter den Kindern männlicher Merkmalsträger weniger Merkmalsträger vorhanden seien als unter denen weiblicher, wenn die betreffende Anlage die Befruchtungsfähigkeit herabsetzt. Das ließe sich also entscheiden. Übrigens könnte die Befruchtungsfähigkeit gewisser Samenzellen durch bestimmte krankhafte Erbanlagen eventuell auch erhöht werden; denn eine Anlage, welche die Erhaltung des Individuums beeinträchtigt, braucht durchaus nicht auch die Befruchtungsfähigkeit der sie tragenden Samenzelle herabzusetzen, bei dominanten Anlagen würden unter den Nachkommen männlicher Merkmalsträger dann mehr als 50% Merkmalsträger zu erwarten sein. Bei rezessiven Anlagen würde die selektive Befruchtung sich aber dem Nachweis entziehen.

Die verschiedenen möglichen Ursachen der Störung des theoretischen Zahlenverhältnisses unter den Geschwistern bzw. den Nachkommen sind so schwer zu fassen bzw. auszuschließen, daß man dem Nachweis eines genauen Zahlenverhältnisses für die Feststellung eines Erbganges überhaupt nicht entscheidendes Gewicht beimessen darf. Dieser Nachweis ist eine Zeitlang in der menschlichen Erblichkeitsforschung entschieden überschätzt worden. Praktisch sind die anderen genannten Kriterien von nicht geringerer Bedeutung.

II. Dimere Merkmale.

Wenn die Erblichkeitsverhältnisse eines Merkmals zu keiner der verschiedenen Möglichkeiten monomerer Bedingtheit passen, so muß man natürlich an polymere Bedingtheit (durch Zusammenwirken mehrerer verschiedener Erbeinheiten) denken. Eine solche liegt unzweifelhaft bei den allermeisten normalen menschlichen Eigenschaften vor. Sie ist auch für mehrere krankhafte Zustände sehr wahrscheinlich gemacht worden; bisher ist es aber in keinem Fall gelungen, eine Polymerie beim Menschen wirklich genau zu analysieren; und das ist in Anbetracht der Schwierigkeiten, die einer solchen Analyse entgegenstehen, keineswegs zu verwundern.

Ein dominant dimeres Merkmal würde theoretisch durch das Zusammentreffen zweier ungleichartiger und nicht allelomorpher Erbeinheiten bedingt sein. Nennt man diese beiden Erbeinheiten A und B, so würden Merkmalsträger, deren Eltern frei von dem Merkmal wären, in der Regel von der Erbformel Aa Bb sein. Von den Geschwistern würden ebenso wie bei einfach rezessiven Merkmalen 25% das Merkmal aufweisen; im Unterschied zu rezessiven Anlagen würden aber auch ungefähr 25% der Kinder von Trägern dimerer Merkmale ebenfalls Träger des Merkmals sein. Danach wäre also eine Unterscheidung möglich. Tatsächlich ist übrigens dominant dimere Bedingtheit bisher noch nicht nachgewiesen worden.

Auch rezessiv dimere („doppelt rezessive“) Bedingtheit ist zwar mehrfach vermutet, bisher aber niemals sicher nachgewiesen worden. Nennt man die beiden rezessiven Erbanlagen c und d, so würden Merkmalsträger in diesem Falle von der Formel cc dd sein. Bei großer Seltenheit beider Erbanlagen würden unter den Geschwistern der Merkmalsträger

im Grenzfall nur ein Sechzehntel = 6,25% Merkmalsträger zu erwarten sein. Wenn die eine oder die andere der beiden mitwirkenden Erbanlagen dagegen häufig ist, so ist ein höherer Prozentsatz unter den Geschwistern zu erwarten, im Grenzfall bis zu 25%, immer vorausgesetzt, daß die Eltern der Merkmalsträger frei von dem Merkmal sind.

Ähnliches gilt auch von der kombinierten dominant-rezessiven Dimerie. Wenn ein bestimmter Zustand durch gleichzeitige Anwesenheit einer dominanten Erbeinheit E und einer rezessiven f bedingt ist, so haben Träger des Merkmals meist die Formel Ee ff. Auch hier hängt der Prozentsatz der zu erwartenden Merkmalsträger unter Geschwistern und Kindern von der absoluten und relativen Häufigkeit der Anlagen E und f ab. In einer Bevölkerung, in der f allgemein verbreitet wäre, würde der Zustand praktisch nur noch von E abhängen und die Zahlenverhältnisse des einfach dominanten Erbgangs zeigen. In einer Bevölkerung dagegen, wo E allgemein verbreitet wäre, würde der Zustand praktisch ganz von f abhängen und einfach rezessiven Erbgang zeigen. Wenn f eine mittlere Häufigkeit hätte, würde der dann praktisch durch E bedingte Zustand das Bild „unregelmäßiger Dominanz" mit Überspringen von Generationen zeigen. Und wenn E eine mittlere Häufigkeit hätte, würde der durch e bedingte Zustand rezessiven Erbgang mit Zurückbleiben der Zahl der Merkmalsträger unter den Geschwistern hinter der des einfach rezessiven Erbgangs zeigen.

In allen Fällen, wo dimere oder höher polymere Bedingtheit eines Zustandes angenommen wird, muß man sich ein Bild von der Häufigkeit der einzelnen beteiligten Erbeinheiten zu machen versuchen. Bei seltenen rezessiven Merkmalen werden die sie bedingenden Erbeinheiten zum allergrößten Teil überdeckt in der Bevölkerung vorhanden sein; je häufiger eine rezessive Erbanlage ist, desto häufiger wird sie natürlich auch paarweise zusammentreffen und damit manifest werden. Ist die Häufigkeit eines rezessiven Merkmals n (als echter Bruch gedacht), so ist die Häufigkeit der entsprechenden Erbanlage $\sqrt{n}$ und die rezessive Erbanlage ist dann in $2\sqrt{n} - n$ aller Individuen als vorhanden anzunehmen. Da die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens zweier oder mehrerer Erbanlagen gleich dem Produkt ihrer einzelnen Wahrscheinlichkeiten ist, setzt die Annahme polymerer Bedingtheit nicht allzu seltener Zustände eine recht starke Verbreitung der mitwirkenden Erbanlagen voraus; das wird von Autoren, die polymere Hypothesen aufstellen, noch vielfach übersehen. Wenn die aus der Hypothese folgenden Häufigkeitsverhältnisse stets berechnet würden, so würde vermutlich so manche Hypothese von Polymerie wieder fallen gelassen werden.

Auch die Annahme von „Auslösungsfaktoren" oder „Hemmungsfaktoren" läuft auf die Hypothese dimerer Bedingtheit hinaus; auch für derartige Annahmen gilt daher das Gesagte.

III. Polymere Merkmale.

Im ganzen tut man gut, polymere Bedingtheit für krankhafte Zustände erst dann als wahrscheinlich anzunehmen, wenn einfachere Erklärungsmöglichkeiten wirklich ausgeschlossen sind. Wenn die klassischen Zahlenverhältnisse des monomeren Erbgangs für ein Merkmal nicht zutreffen, muß man stets auch an die anderen Möglichkeiten einer Störung der Mendelzahlen denken, besonders an mögliche Mitwirkung äußerer Einflüsse, selek-

tive Sterblichkeit und selektive Befruchtung. Wenn diese nicht sicher auszuschließen sind, darf man aus abweichenden Mendelzahlen nicht weitgehende Schlüsse auf polymere Bedingtheit ziehen. Der Nachweis genauer Mendelzahlen verliert damit überhaupt an Bedeutung. Für die Geltung des Mendelschen Gesetzes beim Menschen ist er heute nicht mehr nötig; denn diese ergibt sich, wie oben ausgeführt, aus allgemeinen Gründen. Auch für die Erkennung dominanter und geschlechtsgebundener Erbanlagen kommt es nicht in erster Linie auf den Nachweis der theoretischen Zahlenverhältnisse an; bis zu einem gewissen Grade gilt das auch für die Erkennung rezessiver Erbanlagen; die wichtigsten Kriterien wurden ja bereits angegeben. Auch bei polymerer Bedingtheit spricht überdurchschnittliche Häufigkeit von Verwandtenehen bei den Eltern der Merkmalsträger entschieden für Mitwirkung rezessiver Erbanlagen; allerdings erfordert diese Feststellung ein großes Material. Außerdem ist bei Mitwirkung rezessiver Erbanlagen zu erwarten, daß der Prozentsatz der Merkmalsträger unter den Geschwistern der Merkmalsträger größer sei als unter den Eltern und den eventuellen Kindern, während bei ausschließlicher Beteiligung dominanter Erbanlagen derselbe Prozentsatz unter Geschwistern, Eltern und Kindern zu erwarten ist. Auch dieser Umstand kann zur Klärung herangezogen werden, wobei natürlich stets das verschiedene Lebensalter der verschiedenen Gruppen zu berücksichtigen ist.

Die genaue Analyse der am Zustandekommen eines polymeren Merkmals beteiligten Erbanlagen wird im allgemeinen an menschlichem Material nicht möglich sein; schon Fälle dimerer Bedingtheit können unüberwindliche Schwierigkeiten bieten. Glücklicherweise haben wir aber Anlaß anzunehmen, daß die Erblichkeit der Krankheiten, welche für die Rassenhygiene von wesentlichem Interesse sind, in den meisten Fällen nicht so kompliziert ist. Die allermeisten von den zahlreichen krankhaften Erbanlagen, die Morgan bei der Obstfliege und die Baur beim Löwenmaul aufgefunden haben, konnten entweder als dominant oder als rezessiv eingereiht werden; und es spricht nichts dafür, daß die Sache bei den krankhaften Erbanlagen des Menschen wesentlich anders liege. Wenn es in manchen Fällen wegen der Schwierigkeit des menschlichen Materials gleichwohl nicht gelingt, die Erblichkeit eines Zustandes genau aufzuklären, so braucht das die praktischen Maßnahmen der Rassenhygiene durchaus nicht zu beeinträchtigen. Unter allen Umständen läßt sich die erfahrungsmäßige Häufigkeit von Anomalien und Krankheiten bei den Nachkommen der Träger gewisser Merkmale feststellen; und diese Kenntnis ist praktisch eher wichtiger als die des theoretischen Erbgangs. So hat z. B. v. Economo gefunden, daß von den Nachkommen von Querulanten ungefähr ein Drittel an Schizophrenie zu erkranken, ein weiteres Drittel psychopathisch und nur ein Drittel wirklich gesund zu sein pflegt. Der Hygieniker Reiter und sein Mitarbeiter Osthoff haben gefunden, daß von 250 Kindern der Rostocker Hilfsschule 56% einen schwachsinnigen Elter und 11,6% zwei schwachsinnige Eltern hatten. Die 29 Kinder, welche mit Schwachsinn beider Eltern belastet waren, hatten 90,7% schwachsinnige und nur 9,3% normale Geschwister. Es liegt auf der Hand, daß solche Ergebnisse auch von größter praktisch-rassenhygienischer Tragweite sind. Die Berechnung der Prozentzahlen bei Geschwistern, Eltern und Kindern darf also niemals unterlassen werden, vorausgesetzt, daß das Material überhaupt groß genug dazu ist. Haecker und Ziehen haben die Prozentberechnung mit gutem

Erfolg auch für die Erforschung der Erblichkeit der musikalischen Begabung angewandt. Sie haben die Eltern in verschiedene Gruppen geteilt, je nachdem beide Eltern ausgesprochen musikalisch, ausgesprochen unmusikalisch oder verschieden veranlagt waren; in letzterer Gruppe wurden wieder die Ehen mit musikalischem Vater und die mit musikalischer Mutter gesondert behandelt. Entsprechendes läßt sich natürlich auch bei allen anderen Anlagen durchführen, wobei die Zahl der zu unterscheidenden Gruppen sich je nach der Eigenart des Materials richten muß.

Für die Entscheidung mancher Fragen der Erblichkeitsforschung ist das von einzelnen Forschern oder einzelnen Instituten gesammelte Material allerdings ungenügend. Das gilt z. B. von der Feststellung der allgemeinen Häufigkeit gewisser Merkmale oder Zustände, die für die Analyse des Erbganges rezessiver und polymerer Merkmale so wichtig ist. In vielen Fällen wird man auch über die Verwandten der Merkmalsträger trotz aller Bemühungen nicht genügende Feststellungen machen können, zumal wenn es sich um schon Verstorbene handelt. Diesem Übelstande könnte aber staatlicherseits weitgehend abgeholfen werden, und zwar durch eine allgemeine obligatorische fortlaufende biologische Registrierung der gesamten Bevölkerung; eine solche wäre nicht nur für die Erblichkeitsforschung, sondern auch für sonstige medizinische und sozialhygienische Zwecke theoretisch wie praktisch von unschätzbarem Wert. Da es sich hier um eine Methode handelt, die nicht von dem einzelnen Forscher oder einem Institut angewandt werden kann, kann in diesem Zusammenhange nur kurz auf die Wichtigkeit der allgemeinen Registrierung hingewiesen werden. Es ist ein erfreuliches Zeichen, daß aus den Kreisen der Standesbeamten neuerdings Bestrebungen am Werke sind, eine allgemeine rassenhygienische Registrierung der Bevölkerung im Zusammenhang mit den Standesämtern einzuführen. Man kann diesen Bestrebungen nur baldigen Erfolg wünschen.

IV. Korrelation von Merkmalen.

Eine wichtige Aufgabe der Erblichkeitsforschung besteht darin, zu untersuchen, welche krankhaften Zustände ganz oder teilweise von denselben Erbanlagen abhängen, bzw. ob und inwieweit krankhafte Zustände mit bestimmten sonstigen Merkmalen erbbiologisch zusammenhängen. Wertvolle Anhaltspunkte bietet schon die Prozentberechnung. So hat Kretschmer gefunden, daß schizophrene Geisteskranke in ca. 70% schlanken („leptosomen") oder athletischen Typus aufweisen und nur in ca. 3% untersetzten („pyknischen"). Bei manisch-melancholischen Geisteskranken dagegen fand sich in ca. 85% der pyknische und nur in ca. 11% der leptosome oder der athletische Typus.

Mittels der Korrelationsrechnung können derartige Beziehungen zwischen zwei Merkmalen in eine einheitliche Zahl gefaßt werden. Zwei Merkmale stehen in Korrelation, wenn sie häufiger zusammen auftreten, als nach ihren einzelnen Häufigkeiten zu erwarten wäre. Als Maßder Korrelation dient gewöhnlich der sogenannten Korrelationskoeffizient nach Bravais und Pearson, der von $+1$ bis -1 schwanken kann. Die Korrelation zweier Merkmale ist vollständig ($+1$), wenn beide Merkmale stets nur zusammen vorkommen. Die Korrelation ist gleich 0, wenn die Häufigkeit des Zusammentreffens gleich dem Produkt der einzelnen Häufigkeiten ist. Treten beide Merkmale seltener zusammen auf, als nach Maßgabe ihrer Häufigkeit zu erwarten wäre, so ist die Korrelation negativ;

den niedrigsten Wert -1 erreicht die Korrelation, wenn beide Merkmale niemals zusammen auftreten, d. h. wenn sie sich gegenseitig ausschließen.

Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten bei alternativen Merkmalen, um die es sich in diesem Zusammenhange handelt*), möge an einem Beispiel gezeigt werden. Nach Beobachtungen v. Pfaundlers litten unter 28 090 Kindern 5566 an Rachitis, 500 an Spasmophilie und 287 an beiden Zuständen zugleich. Man kann danach eine sogenannte Korrelationstabelle aufstellen:

	Rachitis 5566	nicht Rachitis 22 524
Spasmophilie . . . 500	287	213
nicht Spasmophilie 27 590	5279	22 311

Ersetzt man die Zahlen in folgender Weise durch Buchstaben,

	a + c	b + d
a + b	a	b
c + d	c	d

so ist der Korrelationskoeffizient

$$r = \frac{a \cdot d - b \cdot c}{\sqrt{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}}$$

Für die Korrelation zwischen Rachitis und Spasmophilie ergibt sich

$$r = \frac{287 \cdot 22311 - 213 \cdot 5279}{\sqrt{500 \cdot 27590 \cdot 5566 \cdot 22524}} = +0{,}13.$$

Als mittlerer quadratischer Fehler des Korrelationskoeffizienten gilt nach Pearson und Filon der Wert $\frac{1-r^2}{\sqrt{n}}$, wobei n die Gesamtzahl der Fälle bedeutet; dieser ist also gleich $\frac{1-0{,}13^2}{\sqrt{28\,090}} = 0{,}006$; der Korrelationskoeffizient mithin $r = +0{,}13 \pm 0{,}006$.

Etwas deutlicher kommt in vorliegendem Falle die Korrelation mittels des von mir vorgeschlagenen Korrelationsindex heraus. Dieser ist im Falle alternativer Merkmale $k = \frac{1}{4}\left(\frac{a-c}{a+c} + \frac{d-b}{d+b} + \frac{a-b}{a+b} + \frac{d-c}{d+c}\right)$.

Für die Beziehung zwischen Rachitis und Spasmophilie ergibt sich

$$k = \frac{1}{4}\left(\frac{-4992}{5566} + \frac{22098}{22524} + \frac{74}{500} + \frac{17032}{27590}\right)$$

$$k = +0{,}21 \pm 0{,}006.$$

Als mittlerer Fehler ist dabei der Wert $\frac{1-k^2}{\sqrt{n}}$ angenommen.

Für die Erfassung der Beziehung zweier alternativer Merkmale wird oft auch der von Yule eingeführte Assoziationskoeffizient angewandt; er ist definiert

*) Die Anwendung der Korrelationsrechnung auf Merkmale, bei denen man eine größere Reihe von Graden oder Stufen unterscheiden muß, wird weiter unten gezeigt werden.

durch die Formel $\text{ass} = \frac{a \cdot d - b \cdot c}{a \cdot d + b \cdot c}$. In dem angeführten Beispiel berechnet er sich auf $+0{,}7$. Leider aber hat der Assoziationskoeffizient eine theoretische Schwäche; er gibt nämlich, wenn eine der Gruppen b oder c nicht vertreten ist, immer $+1$, und wenn eine der Gruppen a oder d nicht vertreten ist, immer -1. Es dürfte aber einleuchten, daß z. B. die Korrelation zwischen Spasmophilie und Rachitis auch dann nicht eine absolute zu sein brauchte, wenn keine Fälle von Spasmophilie ohne Rachitis vorkämen; auch dann könnte es eben noch viele Fälle von Rachitis ohne Spasmophilie geben; und erst, wenn auch diese Gruppe nicht vertreten wäre, würde die Korrelation wirklich absolut sein. Der Korrelationskoeffizient und der Korrelationsindex werden nur in diesem Falle $+1$.

Der Begriff der Korrelation sagt an und für sich nichts über die Ursachen des Zusammenvorkommens zweier Merkmale aus, sondern er bezeichnet weiter nichts als den Grad der Häufigkeit dieses Zusammenvorkommens. Das wird öfter mißverstanden. Die Korrelation zweier Zustände braucht daher nicht notwendig auf einer gemeinsamen Erbanlage für beide Zustände zu beruhen; sie könnte vielmehr auch durch gemeinsame äußere Einflüsse bedingt sein. Z. B. werden Narben an einem Bein oft mit Narben am anderen vergesellschaftet sein, d. h. es wird eine Korrelation bestehen. Die Ursache dieser Korrelation wird aber im wesentlichen auf äußere Einflüsse, vor allem gleichzeitige Verletzung beider Beine zurückgehen. Nur wenn und nur insoweit als gemeinsame Umwelteinwirkungen im Falle der Korrelation verschiedener krankhafter Zustände als Ursachen auszuschließen sind, weist eine solche Korrelation also auf eine gemeinsame Erbanlage hin.

Aus der Korrelation von Merkmalen ist in letzter Zeit verschiedentlich auf Koppelung von Erbeinheiten, die den Merkmalen zugrunde lägen, geschlossen worden, aber zu Unrecht. Seit die Erforschung der Koppelung von Erbeinheiten sich in der experimentellen Erblichkeitslehre so fruchtbar erwiesen hat, haben nicht wenige Autoren gemeint, damit müsse auch in der menschlichen Erblichkeitslehre etwas zu machen sein. Gekoppelt sind Erbeinheiten, die im gleichen Chromosom liegen. Da bei der Obstfliege Drosophila vier Chromosomenpaare vorhanden sind, so ist in grober Annäherung zu erwarten, daß eine bestimmte Erbeinheit etwa mit dem vierten Teil der übrigen Erbeinheiten irgendwie gekoppelt ist. Da beim Menschen anscheinend 24 Chromosomenpaare vorhanden sind, so beträgt die Wahrscheinlichkeit, daß eine Erbeinheit mit irgendeiner anderen gekoppelt sei, nur ungefähr 1 : 24. Derartige Koppelungen beim Menschen nachzuweisen, sehe ich aber keinen praktisch gangbaren Weg. Eine Korrelation von Merkmalen wird durch Koppelung nur in den allerersten Generationen nach einer Kreuzung bedingt, nicht aber in einer Fn-Bevölkerung, wie es die menschlichen Bevölkerungen sind. Um Koppelungen wirklich nachzuweisen, dazu bedürfte es ganz ungleich größerer Geschwisterzahlen, als sie beim Menschen tatsächlich vorkommen. Bei Drosophila, wo man Hunderte von Geschwistern aufziehen kann, ist der Nachweis leicht, beim Menschen praktisch unmöglich.

V. Reihenvariabilität.

1. Der Mittelwert M.

Bisher war nur von Merkmalen die Rede, hinsichtlich derer entweder Vorhandensein oder Nichtvorhandensein festgestellt werden konnte, wo es sich also um alternative Variabilität handelte. Bei sehr vielen Eigenschaften sind aber nur Gradunterschiede ihrer Ausprägung zu unterscheiden; diese erfordern für das Studium ihrer Erblichkeit eine besondere Methodik, die sogenannte biometrische. Auch die schon besprochene Korrelationsrechnung bei alternativer Variabilität gehört zur biometrischen Methodik; sie kann als Anwendung der Korrelationsrechnung auf einen speziellen Fall der nunmehr zu betrachtenden Reihenvariabilität, die Anwendung auf Variabilitätsreihen mit nur zwei Klassen, betrachtet werden. Man kann

bei der Reihenvariabilität eine meristische (oder diskrete) und eine kontinuierliche Variabilität unterscheiden. Im Falle der meristischen Variabilität sind die einzelnen Klassen durch ganze Einheiten unterschieden; sie liegt vor, wenn gewisse Organe oder Organteile in verschiedener Zahl auftreten. Ein Beispiel bietet die Zahl der Naevi oder Muttermäler beim Menschen. Siemens hat z. B. die Zahl der Muttermäler von 90 Individuen (45 Zwillingspaaren) veröffentlicht; daraus ergibt sich folgende Verteilung:

Zahl der Naevi . . .	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Zahl der Individuen	1	2	1	2	3	7	1	3	5	1	5	2	5	3	4	5	2

Z. d. N.	20	21	22	23	24	26	27	29	32	35	41	43	44	45	48	55	57	70
Z. d. I.	2	5	3	7	2	1	3	3	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1

Aus dieser Aufstellung kann man die durchschnittliche Zahl der Naevi, die auf ein Individuum kommen, berechnen, indem man in jeder Klasse die Zahl der Naevi mit der der Individuen multipliziert, die Produkte addiert und die Summe durch die Gesamtzahl der Individuen dividiert. Bezeichnet man die Maßzahl einer Klasse (in unserem Fall die Zahl der Naevi) als V, die Zahl der Individuen einer Klasse als p, so ist die Zahl der Naevi aller Individuen einer Klasse p V. Die Summe der Naevi der Individuen aller Klassen ist Σ p V. Wird die Gesamtzahl aller Individuen als n bezeichnet, so ist der Mittelwert $M = \frac{\Sigma p V.}{n}$ Seine Berechnung ergibt 19,777..., abgekürzt 19,8. Ein Individuum von den von Siemens untersuchten eineiigen Zwillingen hatte also im Durchschnitt 19,8 Naevi.

Die Berechnung des Mittelwertes läßt sich durch „Umbiegen" erheblich vereinfachen. Man geht dabei von einem Ausgangspunkt A aus, der schätzungsweise dem gesuchten Mittelwert ungefähr entsprechen könnte. In dem Naevusbeispiel möge der Wert 20 als vorläufiger Ausgangspunkt gewählt werden. Man berechnet nun die Abweichungen a der verschiedenen Klassen vom Ausgangspunkt. Die 5 Individuen der Klasse 21 haben eine Abweichung von + 1 vom Ausgangspunkt, die 2 Individuen der Klasse 19 eine Abweichung von — 1. Man schreibt die Abweichungen in steigender Reihe hintereinander und darunter die Zahl der

Abw.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	19	21	23
+	5	3	7	2		1	3		3			2			1			1	2
—	2	5	4	3	5	2	5	1	5	3	1	7	3	2	1	2	1		
Diff. +	3		3															1	2
Diff. —		2		1	5	1	2	1	2	3	1	5	3	2		2	1		

Abw.	24	25	28	35	37	50
+	1	1	1	1	1	1

positiv und die der negativ um diesen Betrag abweichenden Individuen. Dann bildet man in den einzelnen Klassen die Differenz der Individuen, welche je nachdem positiv oder negativ sein kann. Die Differenzen werden nun mit den zugehörigen Abweichungen multipliziert, die positiven Produkte untereinander und ebenso die negativen untereinander addiert und schließlich die Differenz der beiden Summen gebildet, die wieder entweder positiv oder negativ sein kann. Diese ist gleich der algebraischen

$+3 \cdot 1 = +3$	$-2 \cdot 2 = -4$
$+3 \cdot 3 = +9$	$-1 \cdot 4 = -4$
$+1 \cdot 21 = +21$	$-5 \cdot 5 = -25$
$+2 \cdot 23 = +46$	$-1 \cdot 6 = -6$
$+1 \cdot 24 = +24$	$-2 \cdot 7 = -14$
$+1 \cdot 25 = +25$	$-1 \cdot 8 = -8$
$+1 \cdot 28 = +28$	$-2 \cdot 9 = -18$
$+1 \cdot 35 = +35$	$-3 \cdot 10 = -30$
$+1 \cdot 37 = +37$	$-1 \cdot 11 = -11$
$+1 \cdot 50 = +50$	$-5 \cdot 12 = -60$
Summe der pos. Prod. $+278$	$-3 \cdot 13 = -39$
	$-2 \cdot 14 = -28$
	$-2 \cdot 16 = -32$
	$-1 \cdot 19 = -19$
	Summe der neg. Prod. -298
	$+278$
	Algebraische Summe aller Abweichungen $\Sigma pa = -20$

Summe aller Abweichungen vom Ausgangspunkt $= \Sigma$ pa. Im Beispiel ergibt sich $\Sigma pa = -20$. Die durchschnittliche (algebraische) Abweichung aller Individuen vom Ausgangspunkt A ist also $b = \frac{\Sigma pa}{n} = \frac{-20}{90} = -0{,}222\ldots$ Da die algebraische Summe der Abweichungen aller Individuen vom wahren Mittel natürlich O ist, so liegt der wahre Mittelwert um $\frac{\Sigma pa}{n}$ vom Ausgangspunkt A entfernt, d. h., $M = A + b$. In unserem Fall ist also $M = 20 - 0{,}222 = 19{,}777\ldots = $ ca. 19,8.

2. Die durchschnittliche Abweichung e.

Als Maß der Variabilität benutze ich die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert, bei deren Berechnung alle Abweichungen positiv (also nicht algebraisch) eingesetzt werden. Nennt man die einzelnen Abweichungen a, so ist die durchschnittliche Abweichung $e = \frac{\Sigma p a}{n}$

Wollte man e nach dieser Formel berechnen, so müßte man die Abweichung jeder Klasse mit der zugehörigen Individuenzahl multiplizieren, die Produkte addieren und die Summe durch die Gesamtzahl n dividieren. Dabei hätte man zahlreiche Dezimalbrüche zu multiplizieren, was recht lästig ist, und wenn man sie kürzen würde, so würde das Resultat ungenau werden. In unserem Beispiel differieren die Abweichungen von ganzen Zahlen links des Mittels um 0,777 . . ., rechts um 0,222 . . . Glücklicherweise kann man e auf einfacherem Wege berechnen, und zwar in der Hauptsache unter Verwendung ganzer Zahlen. Diese Methode gründet sich auf die Überlegung, daß die Summe der Abweichungen links und rechts vom Mittel gleich sein muß. Man kann e also aus den Abweichungen einer Seite berechnen. Da die Summe der Abweichungen auf einer Seite gleich der halben Summe aller Abweichungen ist, so braucht man die Summe der Abweichungen einer Seite dann nur durch $\frac{n}{2}$ zu dividieren, um e zu erhalten. Von der nächsten ganzzahligen Klasse links vom Mittel sei die Summe der Abweichungen links vom Mittel Σpa_1. Wenn diese Klasse um b_1 vom Mittel entfernt ist, so ist Σpa_1 also um $b_1 \cdot p_1$ kleiner als Σpa_1, wobei p_1 die Zahl der Individuen links vom Mittel bedeutet. Es ist also

$$\Sigma pa_1 = \Sigma pa_1 + b_1 p_1.$$

Daraus ergibt sich die Berechnungsformel für die durchschnittliche Abweichung

$$e = \frac{2(\Sigma pa_l + b_l p_l)}{n}.$$

Wollte man e aus der Summe der Abweichungen rechts vom Mittel berechnen, so hätte man

$$e = \frac{2(\Sigma pa_l - b_l p_r)}{n}.$$

Darin bedeutet p_r die Zahl aller Individuen rechts vom Mittel. Natürlich kann man auch von der ersten Klasse rechts vom Mittel ausgehen und mit ihrem Abstand b_r vom Mittel rechnen; entweder nach der Formel $e = \frac{2(\Sigma pa_r + b_r p_r)}{n}$ oder $e = \frac{2(\Sigma pa_r - b_r p_l)}{n}$.

Bei der Berechnung der durchschnittlichen Abweichung des Naevusmaterials wollen wir von der Klasse 20 ausgehen, die uns auch für die Berechnung des Mittelwertes als Ausgangspunkt diente. Hier kommt die Formel $e = \frac{2(\Sigma pa_r + b_r p_r)}{n}$ in Betracht. Die 5 Individuen der nächsten Klasse (21) haben von der Ausgangsklasse den Abstand 1, die 3 Individuen der folgenden Klasse (22) 2 usw.

$5 \cdot 1 = 5$	$1 \cdot 21 = 21$	$p_r = 36 + 2 = 38$
$3 \cdot 2 = 6$	$2 \cdot 23 = 46$	$b_r = 0{,}222\ldots.$
$7 \cdot 3 = 21$	$1 \cdot 24 = 24$	$b_r p_r = 8{,}444\ldots.$
$2 \cdot 4 = 8$	$1 \cdot 25 = 25$	$\Sigma pa_r = 399{,}000$
$1 \cdot 6 = 6$	$1 \cdot 28 = 28$	$\Sigma pa_r + b_r p_r = 407{,}444\ldots.$
$3 \cdot 7 = 21$	$1 \cdot 35 = 35$	$n \cdot e = 2 \cdot 407{,}444\ldots = 814{,}888$
$3 \cdot 9 = 27$	$1 \cdot 37 = 37$	$e = 9{,}04$
$2 \cdot 12 = 24$	$1 \cdot 50 = 50$	
$1 \cdot 15 = 15$	36 399	

3. Die mittlere quadratische Abweichung σ.

Die meisten Variabilitätsstatistiker benutzen als Maß der Variabilität allerdings nicht die durchschnittliche Abweichung, sondern die mittlere quadratische Abweichung oder „Standardabweichung“, welche durch die Formel $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma pa^2}{n}}$ definiert ist, obwohl diese gewisse theoretische und praktische Nachteile hat. Auch hier läßt sich die direkte umständliche Berechnung nach der Formel durch eine einfachere Berechnung ersetzen. Ist nämlich (wie oben) b der Abstand des Mittelwertes M vom Ausgangspunkt A und werden die Abweichungen vom Ausgangspunkt (wie oben) mit a bezeichnet, so ist $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma pa^2}{n} - b^2}$. Immerhin ist die Berechnung von σ umständlicher als die von e, besonders deshalb, weil sie nicht aus den Abweichungen nur einer Seite möglich ist. In unserem Beispiel müssen die Abweichungen aller Klassen von dem Ausgangspunkt 20 ins Quadrat erhoben und dann mit der Individuenzahl der jeweiligen Klasse multipliziert werden. Die Produkte werden addiert und die Summe durch n (in unserem Falle 90) dividiert. $\Sigma pa^2 = 14\,072$, $b = 0{,}222\ldots$, $b^2 = 0{,}05$; also $\sigma = \sqrt{\frac{14\,072}{90} - 0{,}05} = \sqrt{156{,}36 - 0{,}05} = \sqrt{156{,}31} = 12{,}02$. (Die

Ausführung der Berechnung der Standardabweichung ist weiter unten im Rahmen der Rechnung auf S. 735—736 gegeben.)

Die Variabilitätsmaße e und σ sind in absolutem Maß ausgedrückt, in unserem Fall in einer bestimmten Zahl Naevi. Will man die Variabilität in relativem Maß, das den Vergleich mit anderen Variabilitäten gestattet, ausdrücken, so bezieht man e und σ auf M. Die Größe $\frac{\sigma\,100}{M}$ wird als Variabilitätskoeffizient bezeichnet; die Größe $\frac{e\,100}{M}$ nenne ich Variabilitätsindex.

4. Der Fehler des Mittelwertes.

Die Maße e und σ können auch der Bestimmung des mittleren Fehlers des Mittelwertes dienen, d. h. jener Unsicherheit, die dadurch entsteht, daß M aus einer begrenzten Zahl von Beobachtungen berechnet ist. Wenn man irgendeine Variante als Ausdruck des Mittelwertes ansehen würde, so würde man dabei im Durchschnitt den Fehler e machen; denn eine Variante weicht ja im Durchschnitt um e vom Mittelwert ab. Es ist nun ein hier nicht zu beweisender Satz der Fehlertheorie, daß der aus n Fällen berechnete Fehler $\frac{f}{\sqrt{n}}$ ist, wenn der Fehler eines Falles f ist. Der durchschnittliche Fehler eines aus n Fällen berechneten Mittelwertes ist daher $f_e = \frac{e}{\sqrt{n}}$. Gebräuchlicher ist der sogenannte „mittlere Fehler", der sich von σ herleitet und der daher genauer eigentlich als mittlerer quadratischer Fehler zu bezeichnen wäre. Der mittlere Fehler des Mittelwertes ist $f_\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$. Der mittlere Fehler der durchschnittlichen Abweichung ist $\frac{e}{\sqrt{2n}}$, der der „Standardabweichung" $\frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$, der des Variabilitätskoeffizienten bzw. Variabilitätsindex $\frac{v}{\sqrt{2n}}$.

In unserem Beispiel ist die Zahl der Klassen sehr groß. Da das Individuum mit den wenigsten Naevi nur einen hatte, das mit den meisten dagegen 70, so kamen 71 Klassen in Betracht, von denen freilich nur 35 besetzt waren. Aber auch das bedingt eine große Umständlichkeit der Berechnung. Man faßt in solchen Fällen daher mehrere Klassen zu einer Sammelklasse zusammen, z. B. alle Individuen mit 1—5 Naevi als Klasse 1, mit 6—10 als Klasse 2 usw.

Dann ergibt sich folgende Verteilung:

Zahl der Naevi . .	1—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35
Zahl der Individuen	4	16	18	16	17	7	3
Klasse	1	2	3	4	5	6	7
Zahl der Naevi . .	41—45	46—50	51—55	56—60	66—70		
Zahl der Individuen	5	1	1	1	1		
Klasse	9	10	11	12	14		

Als Mittelwert der Klasse 1 würden 3 Naevi angenommen werden, von Klasse 2 8 Naevi usw. Ein Klassenspielraum beträgt also 5 Naevi. Man kann nun statt in Einheiten in Klassenspielräumen rechnen,

was eine große Vereinfachung bedeutet. Wenn die Klasse 4 mit dem Wert 18 als Ausgangspunkt genommen wird, so verläuft die Berechnung des Mittelwertes durch Umbiegen:

Abw.	1	2	3	5	6	7	8	10
+	17	7	3	5	1	1	1	1
—	18	16	4					
Diff. +				5	1	1	1	1
Diff. —	1	9	1					

$+5 \cdot 5 = +25$
$+1 \cdot 6 = +6$
$+1 \cdot 7 = +7$
$+1 \cdot 8 = +8$
$+1 \cdot 10 = +10$
Summe der pos. Prod. $+56$

$-1 \cdot 1 = -1$
$-9 \cdot 2 = -18$
$-1 \cdot 3 = -3$
Summe der neg. Prod. $= -22$
$+56$
$\Sigma pa = +38$ Spielräume

$$b = \frac{\Sigma pa}{n} = +0{,}422 \text{ Spielräume}$$
$$= +0{,}422 \cdot 5 \text{ Einheiten}$$
$$b = 2{,}01$$

$$M = A + b = 18 + 2{,}01$$
$$M = 20{,}01$$

Wir würden also auf diesem Wege für M den Wert 20,01 (statt genau 19,777 ...) erhalten. Für praktische Zwecke genügt diese Genauigkeit aber; und ich habe nur aus didaktischen Gründen auch die umständlichere Berechnung gezeigt. Auch die Werte von e und σ können natürlich in Spielräumen berechnet werden.

5. Die kontinuierliche Variabilität.

Im Falle kontinuierlicher Variabilität bestehen keine ganzzahligen Stufen, sondern es kommen dazwischen alle Übergänge vor. So fallen die verschiedenen Körpergrößen nicht alle gerade mit ganzen Zahlen von Zentimetern zusammen. Man muß hier also eine Klasseneinteilung erst künstlich schaffen. Bei der Körpergröße z. B. kann man alle Größen von 169,6—170,5 als eine Klasse mit dem Mittelwert 170 einreihen, alle Größen von 170,6—171,5 als Klasse mit dem Mittelwert 171 usw.; oder auch alle Größen von 170,1—171,0 als Klasse mit dem Mittelwert 170,5 usw. Man würde auf diese Weise in unserer erwachsenen Bevölkerung etwa 40 Klassen bekommen mit dem Spielraum 1 cm. Eine so große Zahl von Klassen erschwert aber die Arbeit unnötig. Wenn man Klassen mit dem Spielraum 2 cm aufstellt, so würde man ca. 20 Klassen bekommen, was auch noch reichlich viel ist. Für die meisten biometrischen Untersuchungen der Körperlänge dürfte die Zusammenfassung in Klassen mit dem Spielraum 5 cm genügen; man kann also z. B. alle Größen von 170,0—174,9 zu einer Klasse mit dem Mittelwert 172,5 zusammenfassen usw. Auf diese Weise erhält man eine Einteilung des Materials in ungefähr 8—10 Klassen. Die Berechnung des Mittelwertes und der Variabilitätsmaße kann nun genau in der gleichen Weise erfolgen wie im Falle meristischer Variabilität; ich brauche darauf also nicht einzugehen.

Die alternative Variabitität kann als Reihenvariabilität mit nur zwei Klassen aufgefaßt werden. Man ordnet dem einen von beiden möglichen Zuständen dann den Wert 0, dem anderen den Wert 1 zu. Für das weiter oben angeführte Material über Rachitis ergibt das

	Klasse 0 (nicht Rachitis)	Klasse 1 (Rachitis)
Fälle	22524	5566

Der Mittelwert berechnet sich daraus gemäß der Formel $M = \frac{\Sigma pV}{n}$

$$\begin{aligned} 22524 \cdot 0 &= 0 \\ 5566 \cdot 1 &= 5566 \\ \Sigma pV &= 5566 \end{aligned}$$

$$M = \frac{5566}{28090} = 0{,}198$$

Kürzer kann man den Mittelwert also einfach durch Division der Zahl der 1-Klasse durch die Gesamtzahl der Fälle erhalten, d. h. gemäß der Formel $M = \frac{p_1}{n}$.

6. e und σ bei alternativer Variabilität.

Die durchschnittliche Abweichung bei alternativer Variabilität ist $e = \frac{2\,p_0\,p_1}{n^2}$, wobei p_0 die Zahl der Individuen in Klassse 0, p_1 die Zahl der Individuen in Klasse 1 bedeutet. Hat man den Mittelwert schon berechnet, so erhält man e einfacher durch die Formel $e = 2\,M\,(1 - M)$, oder in Prozenten von n ist $e = 2 \cdot 100 \cdot M\,(1 - M)$.

Hat man schon die Individuenzahlen der Klassen 0 und 1 in Prozenten der Gesamtzahl berechnet, so kann man e nach der Formel $e = \frac{2\,a \cdot b}{100}\,\%$ berechnen, wobei a die Individuen von Klasse 0 in Prozenten von n, b die Zahl der Individuen von Klasse 1 in Prozenten von n bedeutet, also $a = \frac{100\,p_0}{n}$ und $b = \frac{100\,p_1}{n}$. Der Variabilitätsindex, der durch die Formel $\frac{e\,100}{M}$ definiert ist, ergibt sich für den Fall der alternativen Variabilität auf 2 p, wobei p die kleinere Individuenzahl der beiden alternativen Klassen in Prozenten bedeutet.

Die mittlere quadratische Abweichung bei alternativer Variabilität ist $\sigma = \frac{\sqrt{p_0 \cdot p_1}}{n}$. Hat man den Mittelwert schon berechnet, so kann man σ auch auf dem Wege $\sigma = \sqrt{M\,(1 - M)}$ erhalten. In Prozenten von n ausgedrückt, ist σ natürlich 100mal so groß. Hat man die Individuenzahlen der Klassen schon in Prozenten berechnet und a bzw. b % gefunden, so kann man σ direkt in Prozenten erhalten durch die Formel $\sigma = \sqrt{a \cdot b}\,\%$. Der Variabilitätskoeffizient bei alternativer Variabilität ist $100\sqrt{\frac{p}{q}}$, wenn p die kleinere, q die größere Zahl der Varianten ist.

Die Ausführungen der letzten Seiten hatten zwar keine unmittelbare Beziehung auf die Erforschung der Erblichkeit; sie waren aber nötig für das Verständnis der Korrelationsrechnung in ihrer Anwendung auf das Studium der Erblichkeit von Merkmalen, die der Reihenvariabilität unterliegen. Letzteres ist allgemein der Fall bei den sogenannten normalen

Merkmalen, bzw. bei Unterschieden innerhalb jener Variabilitätsbreite, die als normal angesehen wird. Soweit pathologische Zustände extreme Ausschläge einer derartigen Reihenvariabilität darstellen, können die betreffenden Methoden natürlich auch auf solche angewandt werden.

7. Der Aufbau der Variabilitätskurve.

Soweit Reihenvariabilität erblich bedingt ist, handelt es sich um polymere Bedingtheit, speziell kommt Homomerie in Betracht, d. h. das Zusammenwirken mehrerer voneinander unabhängiger aber gleichsinniger Erbeinheiten. Das Prinzip der Homomerie möge kurz an einem erdachten Beispiel erläutert werden. Angenommen, die dunkle Haut des Negers sei durch drei Paare von Erbeinheiten bedingt, die dem hellhäutigen Europäer sämtlich fehlen. (Ungefähr so wird es sich wohl auch in Wirklichkeit verhalten.) Der Neger habe die Erbformel $S_1S_1S_2S_2S_3S_3$, der Europäer $s_1s_1s_2s_2s_3s_3$. Die Bastarde erster Generation haben dann die Formel $S_1s_1S_2s_2S_3s_3$; und wenn jeder S-Faktor denselben Zuwachs an Pigment bedingt, so werden die F_1-Mulatten einen indermediären Phänotypus darbieten, wie es tatsächlich der Erfahrung entspricht. In der F_2-Generation, wo eine binomiale Neukombination der Erbeinheiten gemäß dem Gesetz der Wahrscheinlichkeit stattfindet, wird im Durchschnitt nur ein Individuum

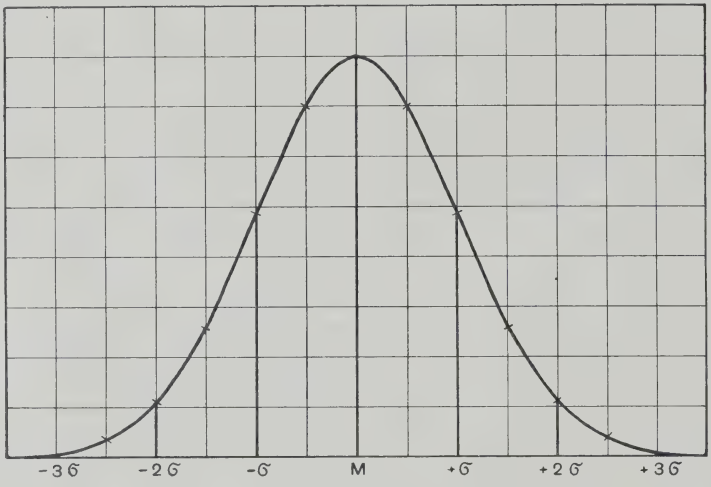


Fig. 1.

unter $2^6 = 64$ die Formel $s_1s_1s_2s_2s_3s_3$ und damit die helle Haut des Europäers haben, ebenso nur eines die Formel $S_1S_1S_2S_2S_3S_3$ und die dunkle Haut der dunklen Ausgangsrasse. Nach der Anzahl der Erbanlagen zu dunkler Pigmentierung (3 Paare S) wird die Zusammensetzung einer F_2-Population und damit auch einer F_n-Population folgende sein:

Zahl der Pigmentfaktoren	0S	1S	2S	3S	4S	5S	6S
Zahl der Individuen . . .	1	6	15	20	15	6	1

Da der Voraussetzung gemäß jeder S-Faktor eine gewisse Menge Pigment bedingen soll, so entstehen auf diese Weise 7 verschiedene Grade von Pigmentierung, von denen die mittleren die häufigsten und die extremen die seltensten sind. Durch Einwirkung äußerer Ursachen (Sonnenbräunung usw.) wird jede Klasse auch eine gewisse nichterbliche Variabilität erfahren; und so kann das Bild kontinuierlicher Variabilität entstehen.

Ähnlich wie es von der Hautfarbe hier angenommen wurde, dürfte es sich z. B. auch mit der Körpergröße verhalten; und ich möchte am Beispiel der Körpergröße noch zeigen, wie die Variabilitätskurve eines Merkmals aus dem Zusammenwirken mehrerer Faktoren entsteht. Man stellt Variabilitätsreihen graphisch meist in Form von Kurven dar, indem man in einem Koordinatensystem auf der Abszissenachse die Maße der verschiedenen Variantenklassen einträgt und in den verschiedenen Punkten Ordinaten errichtet, deren Längen der Häufigkeit der Individuen, die das betreffende

Maß aufweisen, entsprechen. Da die Individuen von mittleren Maßen am zahlreichsten sind, so erreicht die Variabilitätskurve in der Mitte ihren Gipfel, um nach beiden Seiten zunächst langsamer, dann schneller und schließlich wieder langsamer abzufallen, wie es Fig. 1 (S. 718) zeigt. Die Gestalt der Variabilitätskurve einer Bevölkerung ist wesentlich von der verschiedenen Verteilung der Erbanlagen abhängig. Wenn wir oben die angenommene Verteilung der Pigmentanlagen graphisch dargestellt hätten, so würde ein Polygon mit 7 Ecken entstanden sein, das einer glatt verlaufenden Kurve schon bis zu einem gewissen Grade ähnlich wäre. Das ist in um so höherem Maße der Fall, je mehr Erbeinheiten bei dem Zustandekommen eines Merkmals zusammenwirken. Wenn in einer Bevölkerung z. B. 5 Paare von Erbeinheiten (G) verteilt wären, von denen jede eine Vergrößerung der Körperlänge um 5 cm zur Folge haben würde, so würde die Wahrscheinlichkeitsverteilung dieser Erbeinheiten in einer F_n-Bevölkerung folgende sein:

0G	1G	2G	3G	4G	5G	6G	7G	8G	9G	10G
1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1

Wenn die kleinste vorkommende Körpergröße bei Anwesenheit von 0 Erbeinheiten G gleich 150 cm wäre, so würde sich das Polygon in Fig. 2 ergeben das der Kurve in Fig. 1 schon ziemlich ähnlich ist. Wenn nun nicht nur 5 Paare,

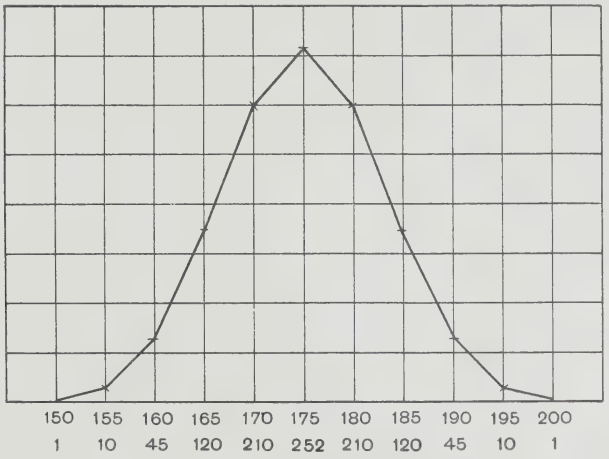


Fig. 2.

sondern eine sehr große Zahl von Erbeinheiten mitwirkten, von denen jede nur einen minimalen Zuwachs an Größe bedingen würde, in einer Bevölkerung verteilt wären, so würde die sogenannte ideale Variabilitätskurve entstehen, wie sie Fig. 1 zeigt.

Dabei wäre der Einfluß der Lebensbedingungen nicht berücksichtigt; auch diese wirken aber beim Zustandekommen der Variabilitätskurve mit. Wir wollen diese Wirkung der Lebenslage nunmehr ebenso einseitig betrachten wie soeben die der Erbanlagen. Zu dem Zweck setzen wir voraus, daß die Individuen einer Bevölkerung alle von der gleichen erblichen Veranlagung wären, aber unter verschiedenen Umwelteinflüssen aufwüchsen. Da für die Körpergröße die Ernährung von besonderem Einfluß ist, wollen wir diese einseitig ins Auge fassen. Angenommen, es würden 10 Sorten von Nahrungszulagen in einer Bevölkerung ausgelost, die Gesamtzahl der Lose sei fünfmal so groß als die Zahl aller Individuen, und ohne eine solche Nahrungszulage würde bei der angenommenen gleichen Veranlagung der Individuen nur eine Körpergröße von 150 cm erreicht; jedes Ernährungslos bewirke eine Zunahme von 5 cm. Da die meisten Individuen 5 Lose gewinnen würden, so würden die meisten eine Größe von 175 cm erreichen. Im übrigen würde die Verteilung der Ernährungslose E gemäß den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit sich folgendermaßen gestalten:

0E	1E	2E	3E	4E	5E	6E	7E	8E	9E	10E
1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1

Wenn man die so entstehende Variabilität graphisch darstellt, so erhält man dieselbe Kurve wie in Fig. 1 (S. 718). Die zufällige Verteilung der Umwelteinflüsse

kann also ein ebensolches Bild hinsichtlich der Variabilitätskurve zur Folge haben wie die zufällige Verteilung der Erbanlagen.

Wenn nun, wie es tatsächlich der Fall ist, Erbanlagen und Umwelteinflüsse zusammenwirken, so wird grundsätzlich an der Gestaltung der Variabilitätskurve nichts geändert. Eine bestimmte Erbanlage kann ebenso mit einem bestimmten Umwelteinfluß zusammentreffen wie mit einer anderen Erbanlage; und wenn die Wirkung einer Erbeinheit ebenso wie die einer Nahrungseinheit eine Vergrößerung der Körperlänge um 5 cm zur Folge hat, wie das in unserem erdachten Beispiel vorausgesetzt wurde, so wirken solche Erbeinheiten auf die Gestalt der Variabilitätskurve genau so wie die gedachten Umwelteinflüsse; sie sind also auch gegenseitig ersetzbar. Wenn nur 5 Erbeinheiten über eine Bevölkerung zufällig verteilt wären (statt 5 Paaren = 10 Einheiten wie vorhin) und wenn damit nur 5 (statt 10) Ernährungslose in zufälliger Verteilung zusammenwirken würden, so würde auch dann wieder die Variabilitätskurve in Fig. 2 (S. 719) entstehen. Und wenn 10 Erbeinheiten (10 Paare) mit 10 Nahrungslosen zusammenwirken, so ergibt sich eine Verteilung gemäß den Koeffizienten des Binoms $(1+1)^{20}$, während die Zahlen der obigen Reihe den Koeffizienten des Binoms $(1+1)^{10}$ entsprechen.

Außer den Erbanlagen und der direkten Wirkung der Umwelteinflüsse spielt übrigens auch die natürliche Auslese eine Rolle bei der Gestaltung der Variabilitätskurve. Da extrem gestaltete Individuen (im Beispiel der Körpergröße Zwerge und Riesen) von unterdurchschnittlicher Lebenstüchtigkeit sind, so gehen sie häufiger zugrunde als die Individuen von mittlerem Maß; und zwar nimmt die Erhaltungswahrscheinlichkeit im allgemeinen vom Mittel anscheinend in binomialer Progression ab. Die natürliche Auslese arbeitet also dauernd an der Gestaltung der Variabilitätskurve bzw. des Randes des Variabilitätspolygons mit; ja die empirischen Variabilitätskurven geben in gewisser Hinsicht geradezu ein Abbild des Wirkens der Auslese. Dabei geht die Wirkung der Auslese aufs engste mit der der Erbanlagen Hand in Hand; denn über die Zusammensetzung der Erbanlagen einer Bevölkerung entscheidet letzten Endes eben die Auslese; und die Auslese ihrerseits ist wieder wesentlich von der erblichen Veranlagung abhängig.

Unter den oben gemachten Voraussetzungen würden durch das Zusammenspiel von Erbanlagen und Umwelteinflüssen nur symmetrische Variabilitätskurven entstehen; tatsächlich aber sind die meisten empirischen Variabilitätskurven asymmetrisch. Die Ursachen der Asymmetrie können verschiedener Art sein. Asymmetrie kann erstens eintreten, wenn ein bestimmter Umwelteinfluß nur einen Teil einer Bevölkerung trifft, wenn z. B. nur eine Minderheit der Bevölkerung Nahrungsmangel oder andererseits besonders reichlicher Ernährung ausgesetzt ist. Zweitens kann Asymmetrie eintreten, wenn ein Teil einer Bevölkerung Träger bestimmter manifestationsstarker Erbanlagen ist. Drittens kann auch folgender Umstand zur Entstehung von Asymmetrie beitragen. Weiter oben wurde vorausgesetzt, daß eine bestimmte Erbanlage oder ein bestimmter Umwelteinfluß eine Vermehrung der Körperlänge um eine bestimmte Zahl von Zentimetern zur Folge habe. Hätten wir vorausgesetzt, daß dadurch die Körperlänge an einen bestimmten Bruchteil der sonst erreichten Länge vergrößert würde, so wäre eine asymmetrische Kurve entstanden; sie würde dann nämlich rechts flacher sein als links. Es ist eben nicht selbstverständlich, daß Agentien von gleicher biologischer Wertigkeit sich gerade in gleichen Maßunterschieden äußern; und nur wenn das der Fall wäre, würden ceteris paribus symmetrische Variabilitätskurven die Folge sein.

VI. Regression und Korrelation als Maße der Erblichkeit.

1. Die Regression.

Es fragt sich nun, wie man die Erblichkeit von Merkmalen, die eine Variabilität wie die Körpergröße haben, nachweisen und näher bestimmen könne. Das möge an dem klassischen Material Galtons gezeigt werden. Galton hat die Körperlänge von 928 erwachsenen Personen und von ihren Eltern bestimmt. Die Körperlänge der Frauen wurde nach dem durchschnittlichen Verhältnis in männliche Körperlänge umgerechnet und aus der Körperlänge beider Eltern das Mittel genommen. Da zeigte sich, daß Eltern von einer hohen Größenklasse im Durchschnitt auch übermittelgroße Kinder hatten, Eltern einer niedrigen Größenklasse untermittelgroße. Aber die Kinder wichen im Durchschnitt nicht ebenso stark vom Mittel

ab wie ihre Eltern, sondern nur ungefähr zwei Drittel so stark; ihre „Regression“ gegen die Eltern betrug 0,68. Diese Regression kann als ein Maß der durchschnittlichen Erblichkeit der Körpergröße, als „Erblichkeitsziffer“, betrachtet werden. Die Abhängigkeit der Körpergröße der Kinder von der der Eltern wird durch die Fig. 3 im einzelnen gezeigt. (Die Unregelmäßigkeiten des Verlaufs sind durch den Fehler der kleinen Zahl bedingt.) Um Mißverständnissen, wie sie tatsächlich vorgekommen sind, vorzubeugen, sei übrigens ausdrücklich bemerkt, daß aus der Tatsache des Zurückbleibens der Erblichkeitsziffer hinter dem Werte 1, wie er bei durchgehender Gleichheit von Eltern und Kindern zu erwarten wäre, nicht etwa auf eine Tendenz der Rückkehr zum mittleren Typus geschlossen werden darf. Diese Erscheinung erklärt sich vielmehr einesteils daraus, daß in den Kindern die Erbeinheiten der Eltern in neuen Kombinationen vereinigt sind, und andernteils daraus, daß Eltern und Kinder zum Teil unter verschiedenen Umwelteinflüssen aufwachsen.

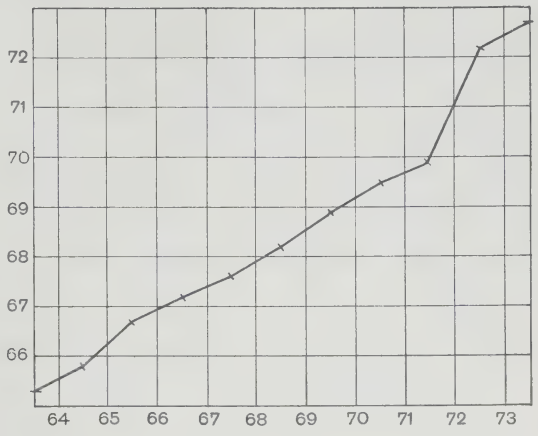


Fig. 3.

Man kann nun auch umgekehrt zuerst die Kinder nach ihrer Größe in Klassen ordnen und dann untersuchen, in welcher Beziehung die Größe

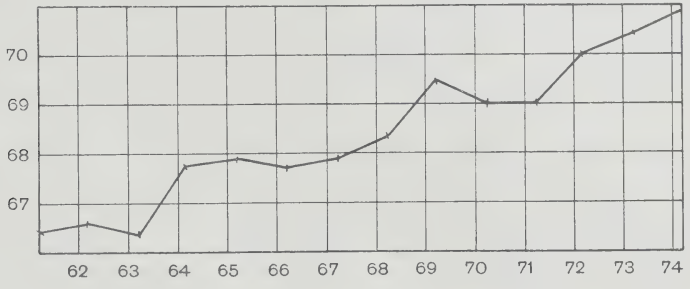


Fig. 4.

der Eltern zu der der Kinder steht (vgl. Fig. 4). Da zeigt sich an Galtons Material, daß auch eine „Regression“ der Eltern gegen die Kinder besteht, aber im Durchschnitt nur im Betrage von 0,33. Das ist auf den ersten Blick ein überraschendes Ergebnis; denn da die Eltern natürlich einen ebenso großen Teil ihrer Erbmasse mit den Kindern gemeinsam haben wie die Kinder mit den Eltern, sollte man doch erwarten, daß die Regression der Eltern gegen die Kinder ebenso groß wie die der Kinder gegen die Eltern wäre. Das scheinbar abweichende Ergebnis erklärt sich aus der verschiedenen Variabilität der Eltern und der Kinder; die Variabilität der Eltern, gemessen mittels der durchschnittlichen Ab-

weichung, betrug nämlich 1,41 Zoll, die der Kinder 2,04 Zoll; die größere Variabilität der Kinder erklärt sich offenbar daraus, daß doch noch nicht alle völlig ausgewachsen waren. Berechnet man die Regressionen relativ zur Variabilität, so erhält man in beiden Fällen dasselbe Ergebnis, nämlich 0,47—0,48. Wenn das aber der Fall ist, so liegt es auf der Hand, daß dieser Wert ein besseres Maß der Erblichkeit ist als die einzelnen Regressionen in absolutem Maß. Man ist in der von Galton begründeten biometrischen Schule daher dazu übergegangen, ein Maß zu benutzen, das die beiden wechselseitigen Beziehungen (die Regressionen) in sich zusammenfaßt; und das ist der Korrelationskoeffizient. Dieser ist gleich dem geometrischen Mittel, d. h. der Wurzel aus dem Produkt der Regressionen. Er ergibt sich an Galtons Material, auf diese Weise berechnet, auf $+0{,}47$.

2. Der Korrelationskoeffizient r.

Der Korrelationskoeffizient ist definiert durch die Formel:

$$r = \frac{\Sigma p a_x a_y}{n \sigma_x \sigma_y}.$$

Darin bedeutet a_x die Abweichung eines Elternpaares vom Mittel der Eltern, a_y die Abweichung eines Kindes vom Mittel der Kinder, wobei Abweichungen vom Durchschnitt nach unten negativ gerechnet werden. $a_x \cdot a_y$ ist das Produkt aus der Abweichung der Eltern und der Kinder; diese Produkte sind je nach den Vorzeichen der Abweichungen teils positiv und teils negativ. $\Sigma p a_x \cdot a_y$ bedeutet die algebraische Summe aller Produkte. σ_x ist die mittlere quadratische Abweichung der Eltern, σ_y die der Kinder, n die Gesamtzahl der Kinder. Zum Zweck der Berechnung des Korrelationskoeffizienten ordnet man das Material in Form einer sogenannten Korrelationstabelle an (s. Tabelle S. 723).

In den äußersten Feldern sind die Mittelwerte nicht ganz genau, da eigentlich einzelne Varianten noch darüber hinausgingen; ein wesentlicher Fehler entsteht aber wegen der geringen Zahl der Fälle dadurch nicht. In der zweiten Horizontalreihe von unten sind die Durchschnittsgrößen der Kinder angegeben, die den verschiedenen Größenklassen der Eltern entsprechen, in der zweiten Vertikalreihe von rechts die Durchschnittsgrößen der Eltern, die den verschiedenen Größenklassen der Kinder entsprechen. Aus diesen beiden Zahlenreihen lassen sich die Regressionen berechnen, deren Verlauf schon in Form von Kurven dargestellt wurde. Das Mittel der Eltern ergibt sich auf 68,303 Zoll, das der Kinder auf 68,095 Zoll. Die Zahlen in den Feldern geben die Zahlen der Familien an, in denen jeweils eine bestimmte Größe der Eltern mit einer bestimmten Größe der Kinder zusammentraf. Die Verteilung der Zahlen zeigt eine gewisse Konzentration um die Diagonale von links oben nach rechts unten; darin kommt die Korrelation zwischen der Größe der Eltern und der der Kinder zum Ausdruck. Wenn die Korrelation vollständig ($= +1$) wäre, so würden alle Zahlen in die Diagonale zusammengedrängt erscheinen. Wenn gar keine Korrelation bestände ($= 0$), so würden die Zahlen gleichmäßig über alle vier Quadranten verteilt sein. Die Berechnung der Korrelation aus der dargestellten Tafel würde wegen der vielen Felder ziemlich umständlich sein; ich habe die Tafel nur deshalb so ausführlich wiedergegeben, um die Verteilung zu zeigen und weil die oben gegebenen Regressionslinien danach berechnet wurden. In der gegebenen

Körperlänge der Kinder (Y-Reihe)	Körperlänge der Eltern (X-Reihe) 63,5	64,5	65,5	66,5	67,5	68,5	69,5	70,5	71,5	72,5	73,5	Zahl der Fälle	Durchschnitt der Eltern	Gesamtdurchschnitt der Eltern
61,2	1	1	1			1		1				5	66,4	
62,2		1		3	3							7	66,6	
63,2	2	4	9	3	5	7	1	1				32	66,3	
64,2	4	4	5	5	14	11	16					59	67,8	
65,2	1	1	7	2	15	16	4	1	1			48	67,9	
66,2	2	5	11	17	36	25	17	1	3			117	67,7	
67,2	2	5	11	17	38	31	27	3	4			138	67,9	68,303
68,2	1		7	14	28	34	20	12	3	1		120	68,3	
69,2	1	2	7	13	38	49	33	18	5	2		167	69,5	
70,2			5	4	19	21	25	14	10	1		99	69,0	
71,2			2		11	18	20	7	4	2		64	69,0	
72,2			1		4	4	11	4	9	7	1	41	70,0	
73,2						3	4	3	2	2	3	17	70,4	
74,2							5	3	2	4		14	70,9	
Zahl der Fälle	14	23	66	78	211	219	183	68	43	19	4	928		
Durchschn. der Kinder	65,3	65,8	66,7	67,2	67,6	68,2	68,9	69,5	69,9	72,2	72,7			
Gesamtdurchschn. der Kinder						68,095								

Tafel ist ein Klassenspielraum gleich einem englischen Zoll. Man erhält eine für die Berechnung der Korrelation ausreichende Genauigkeit aber auch noch, wenn man zwei Zoll zu je einem Klassenspielraum zusammenfaßt. Dann erhält man folgende Tabelle (s. Tabelle S. 724):

Die Berechnung nach der ursprünglichen Formel des Korrelationskoeffizienten würde sehr umständlich sein, da zahlreiche lange Dezimalbrüche bei der Multiplikation miteinander noch längere Produkte ergeben würden. Glücklicherweise ist wie bei σ so auch bei dem Korrelationskoeffizienten r eine glattere Berechnung mit ganzen Zahlen möglich. Die Berechnungsformel ist

$$r = \frac{\Sigma p a_x a_y - n b_x b_y}{n \sigma_x \sigma_y}$$

Ebenso wie bei der Berechnung von M und von σ geht man auch hier von einer Ausgangsklasse aus. $b_x = M_x - A_x$, $b_y = M_y - A_y$; diese Werte sind je nachdem positiv oder negativ einzusetzen. Als Ausgangsklassen sind die Klassen 68 und 68,7 gewählt. Zunächst berechnet man b_x und b_y.

$b_x = 68{,}364 - 68{,}000 = \quad 0{,}364$ Zoll $= \quad 0{,}182$ Spielräume.
$b_y = 68{,}086 - 68{,}700 = -0{,}614$ Zoll $= -0{,}314$ Spielräume.

Körperlänge der Kinder (y-Reihe)	Körperlänge der Eltern (x-Reihe) 64	66	68	70	72	74	Zahl d.Fälle	
60,7	2	1	1	1			5	
62,7	7	15	15	2			39	
64,7	10	19	56	21	1		107	$e_y =$ 2,075
66,7	14	56	130	48	7		255	
68,7	4	41	148	83	11		287	$M_y =$ 68,086
70,7		11	69	66	17		163	
72,7		1	11	22	20	4	58	$\sigma_y =$ 2,583
74,7				8	6		14	
Zahl d. Fälle	37	144	430	251	62	4	928	
	$e_x = 1{,}419$		$M_x = 68{,}364$		$\sigma_x = 1{,}835$			

Dann werden σ_x und σ_y berechnet.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\Sigma p a_x^2}{n} - b_x^2}$$

Die 144 Elternpaare, welche in der ersten X-Klasse links von der Ausgangsklasse liegen, haben von dieser eine Entfernung von 1 Spielraum. a_x^2 ist also gleich 1. Die 37 Elternpaare der zweiten Klasse links von der Ausgangsklasse haben eine Entfernung von 2 Spielräumen; hier ist also $a_x = 4$ usw.

$$\begin{array}{rrrr} & 144 \cdot 1 = 144 & 37 \cdot 4 = 148 & 4 \cdot 9 = 36 \\ & 251 \cdot 1 = 251 & 62 \cdot 4 = 248 & \\ \Sigma p a_x^2 = & 395 & + 396 & + 36 = 827 \end{array}$$

$$827 : 928 = 0{,}891$$
$$b^2 = 0{,}033$$
$$\text{Diff.} = 0{,}858$$
$$\sigma_x = 0{,}926 \text{ Spielräume} = 1{,}853 \text{ Zoll.}$$

Entsprechend findet man $\sigma_y = 1{,}291$ Spielräume $= 2{,}583$ Zoll.

Nunmehr gilt es, die Produkte $a_x \cdot a_y$ zu bilden. In den Feldern, die der Ausgangsklasse entsprechen, sind die Produkte gleich 0, weil dort entweder a_x oder a_y gleich 0 ist. Im linken oberen Quadranten ist für das Feld, das die Zahl 56 trägt, $a_x = 1$ und $a_y = 1$, also $a_x \cdot a_y = 1$ und $p a_x a_y = 56$; für das Feld mit der Zahl 19 ist $a_x = 1$, $a_y = 2$, $a_x \cdot a_y = 2$, $p a_x a_y = 38$ usw. Für den zweiten und dritten Quadranten ergeben sich die Produkte negativ, da im zweiten a_x und im dritten a_y negativ ist. Im ganzen ergeben sich folgende Produkte:

I. Quadrant	IV. Quadrant	II. Quadrant	III. Quadrant
$56 \cdot 1 = 56$	$66 \cdot 1 = 66$	$48 \cdot 1 = 48$	$11 \cdot 1 = 11$
$14 \cdot 2 = 28$	$17 \cdot 2 = 34$	$7 \cdot 2 = 14$	$1 \cdot 2 = 2$
$19 \cdot 2 = 38$	$22 \cdot 2 = 44$	$21 \cdot 2 = 42$	13
$10 \cdot 4 = 40$	$20 \cdot 4 = 80$	$1 \cdot 4 = 4$	
$15 \cdot 3 = 45$	$4 \cdot 6 = 24$	$2 \cdot 3 = 6$	
$7 \cdot 6 = 42$	$8 \cdot 3 = 24$	$1 \cdot 4 = 4$	
$1 \cdot 4 = 4$	$6 \cdot 6 = 36$	118	
$2 \cdot 8 = 16$	308		
269			

Summe der positiven Produkte = 577
Summe der negativen Produkte = 131

$$\Sigma p a_x a_y = 446$$
$$n b_x b_y = 928 \cdot 0{,}182\,(-0{,}314) = -53{,}032$$
$$\Sigma p a_x a_y - n b_x b_y = 499{,}032$$

$$n\sigma_x\sigma_y = 1109{,}7$$
$$r = 499 : 111 = \mathbf{0{,}45}$$

Der mittlere Fehler wird nach der von Pearson und Filon angegebenen Formel $\frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}$ berechnet; er ergibt sich auf 0,026. Demnach ist

$$\mathbf{r = + 0{,}45 \pm 0{,}026.}$$

Einen Korrelationskoeffizienten auf mehr als 2 Dezimalen zu berechnen, hat keinen Sinn. Dadurch würde nur ein Grad von Genauigkeit vorgetäuscht werden, der der Natur der Sache nach ausgeschlossen ist.

Der Leser wird gebeten, die Berechnung des Korrelationskoeffizienten auch selber auszuführen. Er wird sich dann überzeugen, daß auch die Berechnung nach der auf die Verwendung ganzer Zahlen eingestellten Formel noch recht umständlich ist.

3. Der Korrelationsindex k.

Ich habe mich daher bemüht, ein weniger umständliches Maß der Korrelation zu finden. Als solches habe ich einen Korrelationsindex vorgeschlagen von der Formel:

$$k = \frac{1}{2}\left(\frac{S_{xI} + S_{xIV} - S_{xII} - S_{xIII}}{S_x} + \frac{S_{yI} + S_{yIV} - S_{yII} - S_{yIII}}{S_y}\right)$$

oder etwas kürzer geschrieben:

$$k = \frac{1}{2}\left(\frac{S_{xI,\,IV} - S_{xII,\,III}}{S_x} + \frac{S_{yI,\,IV} - S_{yII,\,III}}{S_y}\right)$$

Dabei ist die Korrelationstafel durch die Linien der Mittelwerte in der X- und in der Y-Richtung in vier Quadranten geteilt gedacht. S_{xI} ist die Summe der X-Abweichungen im I. Quadranten, S_{xII} im II. usw. S_x ist die absolute (nicht algebraische) Summe aller X-Abweichungen; S_x also gleich $S_{xI,\,II,\,III,\,IV}$. Die Methode des Korrelationsindex kann man als Summenmomentmethode bezeichnen in Analogie zu der Produktmomentmethode des Korrelationskoeffizienten. Wo bei dieser Methode multiplikative Verknüpfung steht, tritt bei jener die additive ein. Da man aber die X- und die Y-Abweichungen nicht ohne weiteres addieren kann, sind beide zunächst getrennt zu behandeln, und dann ist aus beiden das Mittel zu nehmen. In den Werten + 1, 0 und — 1 fällt der Korrelationsindex mit dem Korrelationskoeffizienten bei geradliniger Regression zusammen. In den dazwischen liegenden Werten ergeben sich gewisse Unterschiede aus dem Umstande, daß bei der Produktmomentmethode die extremeren Abweichungen potenziert ins Gewicht fallen, bei der Summenmomentmethode nur proportional ihrer Größe. Darin sehe ich auch theoretisch einen Vorzug der Summenmomentmethode und damit des Korrelationsindex. Der Korrelationskoeffizient gründet sich auf die mittlere quadratische Abweichung. Diese aber enthält meines Erachtens eine logische Unstimmigkeit; während bei der Berechnung des Mittelwertes gleiche Maßunterschiede als gleichwertig ins Gewicht fallen, werden bei der Berechnung der mittleren quadratischen Abweichung gleiche Maßunterschiede nicht gleichwertig eingesetzt, sondern mit steigender Entfernung vom Mittelwert quadratisch potenziert. Wenn z. B. die mittlere Körperlänge einer Bevölkerung 170 cm ist, so fällt die Abweichung der Klasse 180 cm 100 mal so stark ins Gewicht als die der Klasse 171 cm, bei der Berechnung des Mittelwertes aber nur 10 mal so stark. Gleichartig der Berechnung des Mittelwertes ist nicht die der mittleren quadratischen, sondern die der durchschnittlichen Abweichung. In der Formel des Korrelationsindex sind daher die Summenmomente auf die durchschnittliche Abweichung bezogen; denn da $e_x = \frac{S_x}{n}$ und folglich $S_x = ne_x$, so kann man die Formel des Korrelationsindex auch schreiben:

$$k = \frac{1}{2}\left(\frac{S_{xI,\,IV} - S_{xII,\,III}}{ne_y} + \frac{S_{yI,\,IV} - S_{yII,\,III}}{ne_y}\right).$$

Wenn man die Berechnung direkt nach dieser Formel vornehmen würde, so würde sie wegen der vielen Dezimalbrüche allerdings auch recht umständlich sein. Auch hier ist aber eine Umformung für ganzzahlige Berechnung möglich. Setzt man $\frac{S_{xI,\,IV} - S_{xII,\,III}}{ne_x} = k_x$ und $\frac{S_{yI,\,IV} - S_{yII,\,III}}{ne_y} = k_y$, so ist

$$k = \frac{1}{2}(k_x + k_y)$$

k_x wird nun berechnet gemäß der Formel

$$k_x = \frac{s_{xI,\,IV} - s_{xII,\,III} + d_x\,(p_{I,\,II} - p_{III,\,IV})}{ne_x}$$

Dabei bedeuten die s_x die Summen der Abweichungen von den beiden dem Mittelwert benachbarten Klassen; d_x ist der Abstand des Mittelwertes von der ersten Klasse links von ihm; p_I ist die Zahl der Fälle im I. Quadranten usw.

Für k_y ergibt sich

$$k_y = \frac{s_{yI,\,IV} - s_{yII,\,III} + d_y\,(p_{I,\,III} - p_{II,\,IV})}{ne_y}$$

Die Berechnung wird auch hier am besten am praktischen Beispiel gezeigt. In der Korrelationstabelle auf S. 724 sind die vier Quadranten durch die doppelte Linie getrennt. Zur Berechnung von s_{xI} werden die Zahlen im 1. Quadranten links von der Ausgangsklasse summiert und mit dem Abstand von der Ausgangsklasse multipliziert; dasselbe geschieht für die Berechnung von s_{xIV} entsprechend im IV. Quadranten; da s_{xI} und s_{xIV} addiert werden, kann beides zugleich geschehen; vorher berechnet man zweckmäßig die verschiedenen p.

p_I	$= 326$	p_{III}	$= 285$
p_{II}	$= 80$	p_{IV}	$= 237$
$p_I + p_{II}$	$= 406$	$p_{III} + p_{IV}$	$= 522$

$d_x = M_x - A_x = 68{,}364 - 68{,}000 = 0{,}364$ Zoll $= 0{,}182$ Spielräume

$d_x\,(p_{I,\,II} - p_{III,\,IV}) = 0{,}182\,(406 - 522) = -21{,}112.$

1	2	4	1	1	
15	7		2	7	
19	10		21	4	
56	14		48		
83	11		41		
66	17		11		
22	20		1		
8	6		$125 \cdot 1$	$12 \cdot 2$	
$270 \cdot 1$	$87 \cdot 2$	$4 \cdot 3$		$125 + 24$	
$270 + 174 + 12$			$s_{xII,\,III} = 149$		

$s_{xI,\,IV}$	$= 456$
$s_{xII,\,III}$	$= 149$
$s_{xI,\,IV} - s_{xII,\,III}$	$= 307$
$d_x\,(p_{I,\,II} - p_{III,\,IV})$	$= -21{,}112$
	$285{,}888$

Dieser Wert ist gleich dem Zähler des Bruches, der k_x ergibt. Der Nenner ist $n \cdot e_x$. Dieser Wert kann so, wie es auf S. 714 angegeben wurde, berechnet werden; dabei ergibt sich $ne_x = 2\,[s_{xI,\,III} + d_x\,(p^{I,\,III})]$

$$n \cdot e_x = 2\,(218 + 0{,}182 \cdot 611) = 658{,}4$$
$$k_x = 285{,}888 : 658{,}4 = 0{,}435.$$

Entsprechend berechnet man

$$k_y = \frac{s_{yI,\,IV} - s_{yII,\,III} + d_y\,(p_{I,\,III} - p_{II,\,IV})}{ne_y}$$

$d_y = M_y - A_y = 68{,}086 - 66{,}7 = 1{,}386$ Zoll $= 0{,}693$ Spielräume

$d_y\,(p_{I,\,III} - p_{II,\,IV}) = 0{,}693\,(611 - 317) = 210{,}672.$

10	7	2	8	1	2	1
19	15	1	6	21	69	11
56	15	1		148	11	1
83	66	22		41		
11	17	20		4		
		4				
$179 \cdot 1$	$120 \cdot 2$	$50 \cdot 3$	$14 \cdot 4$	$215 \cdot 1$	$80 \cdot 2$	$13 \cdot 3$
$179 + 240 + 150 + 56$				$215 + 164 + 39$		
$s_{yI,\,IV} = 625$				$s_{yII,\,III} = 418$		

$s_{yI,\,III} - s_{yII,\,III}$	$= 207$
$d_y\,(p_{I,\,III} - p_{II,\,IV})$	$= 203{,}742$
	$410{,}742$

$$\begin{aligned} ne_y &= 2\,[s_{yI,\,II} + d_y\,(p_{I,\,II})] \\ &= 2\,(200 + 0{,}693 \cdot 406) = 962 \\ k_y &= 410{,}74 : 962 = 0{,}448 \\ \mathbf{k} &= \mathbf{+\,0{,}44.} \end{aligned}$$

Wenn man e_x und e_y nicht ohnehin berechnet, so kann man die Nenner der Brüche, welche k_x und k_y ergeben, auch auf anderem Wege erhalten, nämlich

$$k_x = \frac{s_{xI,\,IV} - s_{xII,\,III} + d_x\,(p_{I,\,II} - p_{III,\,IV})}{s_{xI,\,IV} + s_{xII,\,III} + d_x\,(p_{I,\,III} - p_{II,\,IV})}$$

$$\text{und } k_y = \frac{s_{yI,\,IV} - s_{yII,\,III} + d_y\,(p_{I,\,III} - p_{II,\,IV})}{s_{yI,\,IV} + s_{yII,\,III} + d_y\,(p_{I,\,II} - p_{III,\,IV})}$$

Wenn man erst die einzelnen Summanden im Zähler hat, so ist der Nenner sehr leicht zu erhalten; auch wird die Rechnung dadurch erleichtert, daß die gleichen p-Summen sowohl bei der Berechnung von k_x als auch von k_y vorkommen.

Im ganzen ist die Berechnung des Korrelationsindex k entschieden einfacher als die des Korrelationskoeffizienten r. In unserem Falle ergeben beide praktisch denselben Wert (0,45 bzw. 0,44). Die durchschnittlichen Abweichungen ergeben sich auf $e_x = 1{,}419$ Zoll und $e_y = 2{,}075$. Aus diesen Werten kann man nun auch näherungsweise die Regressionen berechnen. Die Regression der Kinder gegen die Eltern ergibt sich nach der Formel $R_{\frac{y}{x}} = k\frac{e_y}{e_x}$ auf $+\,0{,}65$, die der Eltern gegen die Kinder $R_{\frac{x}{y}} = k\frac{e_x}{e_y} = +\,0{,}30$. Direkt berechnet ergaben sich die Regressionen auf $R_{\frac{y}{x}} = 0{,}68$ und $R_{\frac{x}{y}} = 0{,}33$. Auch von dem Korrelationskoeffizienten aus erhält man die Regressionen nicht mit größerer Genauigkeit, nämlich $R_{\frac{y}{x}} = r\frac{\sigma_y}{\sigma_x} = 0{,}63$ und $R_{\frac{x}{y}} = r\frac{\sigma_x}{\sigma_y} = 0{,}32$.

4. Die Abhängigkeit der Korrelation von der Häufigkeit der Merkmale.

Natürlich kann auch im Falle alternativer Variabilität die Erblichkeit als Korrelation ausgedrückt werden. Wenn diese Methode auch nicht besonders empfehlenswert ist, so ist sie doch lehrreich insofern, als man daran besonders deutlich die Abhängigkeit der Korrelation zwischen Blutsverwandten von verschiedenen Umständen zeigen kann, u. a. von der größeren oder geringeren Häufigkeit bestimmter Erbanlagen. Angenommen, ein rezessives Merkmal sei von Umwelteinflüssen unabhängig und in einer Bevölkerung mit der Häufigkeit 1 : 100 vertreten. Väter, die das Merkmal aufweisen, haben unter ihren Kindern im Durchschnitt dann 10% Merkmalsträger (vgl. S. 707). Wenn pro Familie der Einfachheit halber ein Kind angenommen wird, so ergibt sich für 10000 Familien folgende Korrelationstabelle in bezug auf das Merkmal.

	Vater +	Vater —	
Kind +	10	90	100
Kind —	90	9 810	9 900
	100	9 900	10 000

Als Korrelationskoeffizient ergibt sich $r = +\,0{,}09$. Die Berechnung erfolgt zweckmäßig nach der Formel auf S. 710, die nur eine im Fall der alternativen Variabilität mögliche Vereinfachung des allgemeinen Korre-

lationskoeffizienten ist. Auch der Korrelationsindex (zu berechnen nach der für den Fall der alternativen Variabilität zurechtgemachten Formel auf S. 710) ergibt sich auf $k = +0{,}09$*). Eine Korrelation von $+0{,}09$ würde scheinbar eine „schwache" Erblichkeit anzeigen; und doch besagt die Voraussetzung, nach der die Korrelationstafel konstruiert ist, daß das Merkmal vollständig durch die Erbmasse bestimmt und von Außeneinflüssen unabhängig ist. Bei Reinzucht würde das Merkmal voll erblich sein. Man darf sich also durch die niedrige Korrelationszahl nicht täuschen lassen, Der Anschein einer „schwachen" Erblichkeit entsteht in diesem Falle dadurch, daß das Merkmal ziemlich selten ist, der Voraussetzung nach 1 : 100; bei seltenen rezessiven Merkmalen ist eben die Wahrscheinlichkeit, daß zwei gleichartige Anlagen in den Kindern zusammentreffen, nur gering. Mit steigender Häufigkeit einer rezessiven Anlage steigt auch die Korrelation zwischen Eltern und Kindern in bezug auf das Merkmal. Wenn ein rezessives Merkmal in einer Bevölkerung mit der Häufigkeit 1 : 4 vorhanden ist, so ergibt sich folgende Korrelationstabelle:

	Vater +	Vater —	
Kind +	1 250	1 250	2 500
Kind —	1 250	6 250	7 500
	2 500	7 500	10 000

Man findet die Korrelation nunmehr $r = +0{,}33$ und ebenso $k = 0{,}33$. Und doch wäre der theoretische Erbgang genau derselbe wie in dem vorigen Beispiel. Daraus geht hervor, daß die Korrelationsrechnung nicht den Erbgang als solchen erfaßt, sondern eben nur den erfahrungsmäßigen Grad der Übereinstimmung zwischen Eltern und Kindern bzw. zwischen Geschwistern untereinander. Das Zurückbleiben der Familienähnlichkeit hinter dem Höchstwert aber ist einesteils durch die Neukombination der Erbeinheiten und anderenteils durch Umwelteinflüsse bedingt. Wieweit das eine oder das andere der Fall ist und wieweit die verschiedene Häufigkeit der Erbanlagen dabei mitspielt, kann aus dem Korrelationskoeffizienten nicht entnommen werden. Dieser ist also nur ein recht unvollkommenes Mittel der Erfassung der Erblichkeit; man darf sich durch den Schein der Exaktheit, den die mathematische Formulierung mit sich bringt, nicht täuschen lassen und ebensowenig durch die übertriebene Wertschätzung, die der Korrelationskoeffizient in der angelsächsischen Erblichkeitsforschung genießt. Die Korrelationsrechnung gibt nichts weiter als ein Maß der empirischen Übereinstimmung von Blutsverwandten hinsichtlich eines Merkmals in einer bestimmten Bevölkerung. Das aber kommt deutlicher in den Regressionen zum Ausdruck, zumal in deren graphischer Darstellung. Wenn die Regression der Kinder gegen die Eltern hinsichtlich eines bestimmten Merkmals gleich $^2/_3$ ist, so besagt das, daß die Kinder im Durchschnitt $^2/_3$ der Abweichung der Eltern erben; darunter kann man sich etwas Greifbares vorstellen; nicht aber unter der abstrakten Zahl, die der Korrelationskoeffizient darstellt; es sei denn, daß man ihn eben als Regression relativ zur Variabilität faßt (vgl. S. 722).

Allerdings kann man die Korrelationsrechnung bei der Erforschung polymerer bzw. reihenmäßig variabler Merkmale nicht wohl entbehren; bei

*) Der Korrelationsindex ist bei alternativer Variabilität dann gleich dem Korrelationskoeffizienten, wenn $p_{II} = p_{III}$ ist.

monomeren bzw. alternativ variablen Merkmalen dagegen ist sie durch bessere Methoden ersetzbar, von denen die wichtigsten weiter oben ja bereits dargelegt wurden.

Pearson und seine Schüler haben eine ganze Anzahl von Korrelationen zwischen Eltern und Kindern einerseits und Geschwistern andererseits in bezug auf verschiedene Merkmale berechnet. Ich möchte hier die empirisch gefundenen Korrelationen für die Augenfarbe anführen, weil dieses Merkmal von Umwelteinflüssen praktisch unabhängig ist:

Vater und Sohn . .	0,55	Bruder und Bruder . .	0,52
Vater und Tochter .	0,44	Schwester und Schwester	0,45
Mutter und Sohn . .	0,48	Bruder und Schwester .	0,46
Mutter und Tochter .	0,51		

Wenn die Augenfarben der Eltern rein nach Maßgabe ihrer Häufigkeit kombiniert wären, so würde theoretisch zwischen Eltern und Kindern höchstens eine Korrelation von 0,5 zu erwarten sein und zwischen Geschwistern ebenfalls höchstens 0,5. Dabei wäre noch angenommen, daß die dominanten Anlagen sehr selten seien, während im Falle mittlerer Häufigkeit dominanter Anlagen zwischen Eltern und Kindern eine Korrelation von 0,33 und zwischen Geschwistern von 0,42 zu erwarten wäre; im Falle intermediären Verhaltens 0,5. Wenn die von Pearson gefundenen Zahlen zum Teil darüber hinausgehen, so weist das darauf hin, daß Eheleute häufiger von gleicher Augenfarbe sind, als nach der Häufigkeit zu erwarten wäre. In verschiedenen Gegenden sind die Augenfarben eben verschieden verteilt; und wenn eine gewisse Inzucht stattfindet, so wird dadurch die Korrelation zwischen Eltern und Kindern und zwischen Geschwistern natürlich erhöht.

Bemerkt sei noch, daß im Falle alternativer Variabilität die beiden Regressionen sich schon bei der Berechnung des Korrelationsindex ergeben. Auf S. 726 wurde für diesen die Formel $k = \frac{1}{2}(k_x + k_y)$ gegeben. Bei alternativer Variabilität ist nun

$$k_x = R_{\underset{x}{y}} \text{ und } k_y = R_{\underset{y}{x}}.$$

Da k_x und k_y für den Korrelationsindex ohnehin berechnet werden, so hat man damit zugleich auch die beiden Regressionen, was gewiß von Vorteil ist.

Wie die verschiedene Häufigkeit dominanter bzw. rezessiver Erbanlagen die Korrelation beeinflußt, möge in Form einiger Kurven dargestellt werden. Ist eine dominante Erbanlage sehr selten, die ihr allelomorphe rezessive also völlig vorherrschend, so ist zwischen Eltern und Kindern eine Korrelation von 0,5 zu erwarten, ebenso zwischen Geschwistern. Ist dagegen die rezessive Anlage sehr selten, die ihr allelomorphe dominante also völlig vorherrschend, so ist zwischen Eltern und Kindern eine Korrelation von fast 0 zu erwarten, zwischen Geschwistern 0,5. Zwischen diesen Grenzwerten verläuft die Korrelation, wie es Fig. 5 zeigt. Kurve I zeigt den Verlauf der Korrelation zwischen Eltern und Kindern, Kurve II die zwischen Geschwistern. Die Häufigkeit der dominanten Anlage d und die der rezessiven Anlage r ergänzen sich natürlich jeweils zu 1. Für Häufigkeitsunterschiede von je 0,1 ergeben sich folgende Zahlen:

Häufigkeit der dominanten Erbanlage	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Häufigkeit der rezessiven Erbanlage	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0
Korrelation zwischen Eltern und Kindern	0,50	0,47	0,44	0,41	0,38	0,33	0,29	0,23	0,17	0,09	0,00

Dabei ist angenommen, daß das Zusammentreffen der Anlagen rein nach Maßgabe der Häufigkeiten erfolgt und daß äußere Einflüsse für die Manifestation der Anlagen keine Rolle spielen. Bei intermediärem Verhalten ist stets eine Korrelation von 0,5 zwischen Eltern und Kindern zu erwarten, ganz gleich, mit welcher Häufigkeit intermediäre Anlagen verbreitet sind. Bei intermediärem Verhalten sind auch zwischen Eltern und Kindern einerseits und Geschwistern andererseits gleiche Korrelationen zu erwarten. Bei intermediärem Verhalten verläuft die Korrelation also in Form einer horizontalen Geraden in der Höhe von 0,5 (Kurve III).

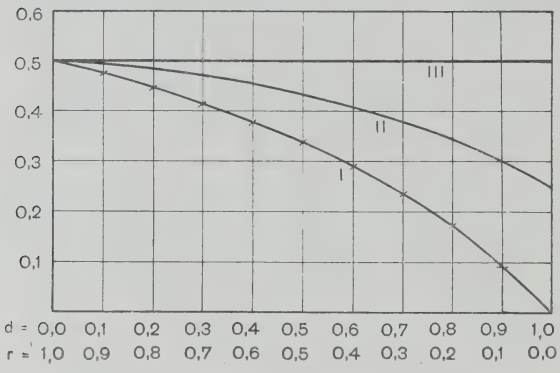


Fig. 5.

Wenn ein Merkmal durch Umwelteinflüsse an der Äußerung gehindert wird, so wird die Korrelation um so niedriger, je häufiger die Anlage durch Umwelteinflüsse unterdrückt wird. Wie der Verlauf der Korrelation zwischen Eltern und Kindern mit steigender Häufigkeit der Unterdrückung durch Umwelteinflüsse ist, zeigt folgende Zahlenreihe:

Die dominante Anlage wird unterdrückt in	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Die Korrelation zw. Eltern und Kindern	0,33	0,23	0,17	0,12	0,09	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00

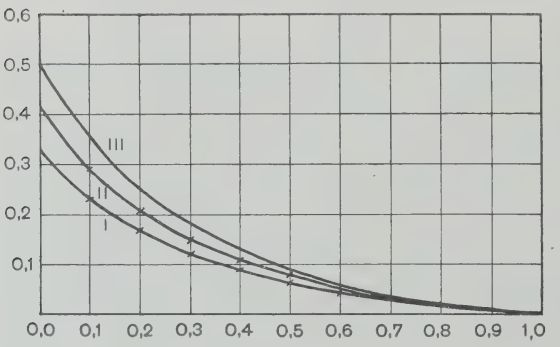


Fig. 6.

Es ist dabei vorausgesetzt, daß die dominante Anlage mit der Häufigkeit 0,5 verbreitet sei, ebenso folglich die allelomorphe rezessive; es ist also die Häufigkeitsverteilung in einer F_2- bzw. F_n-Bevölkerung vorausgesetzt. Die Korrelation zwischen Geschwistern fällt mit steigender Häufigkeit der Unterdrückung durch Umwelteinflüsse von 0,42 bis 0 ab. Bei intermediärem Verhalten fällt sowohl die Korrelation zwischen Eltern und Kindern als auch die zwischen Geschwistern von 0,5 auf 0 ab. Den Verlauf der Kurven zeigt Fig. 6.

Die Korrelation, welche auch bei voller Erblichkeit nicht gleich 1 zu erwarten ist, fällt also mit steigendem Einfluß der Umwelt rasch ab. Wenn man z. B. zwischen Eltern und Kindern eine Korrelation von nur 0,17 in bezug auf ein Merkmal findet, so kann dieses Merkmal trotzdem

zu etwa $^8/_{10}$ durch die Erbmasse bedingt sein und die Umwelt nur etwa im Betrage von etwa $^3/_{10}$ ursächlich mitwirken. Die gegebenen Zahlenreihen und Kurven ermöglichen daher eine Abschätzung der relativen Bedeutung von Erbmasse und Umwelt auf Grund der Korrelationsrechnung. Sie sind insbesondere geeignet, vor einer Unterschätzung der Erbmasse auf Grund geringer Korrelationen zu warnen.

VII. Die Zwillingsmethode.

Von ganz besonderem Wert für die Erkenntnis der relativen Bedeutung von erblicher Veranlagung und Umwelt ist die Zwillingsforschung. Zustände, die praktisch allein von der Erbmasse abhängen, treten bei eineiigen Zwillingen regelmäßig in gleicher Art und in gleichem Grade auf; und zwar gilt das nicht nur von monomeren, sondern auch von polymeren Merkmalen. Eineiige Zwillinge ähneln sich daher in den meisten Fällen außerordentlich stark; selbst die nächsten Angehörigen können sie in manchen Fällen nicht sicher unterscheiden. Allerdings entwickeln eineiige Zwillinge sich meist auch unter sehr weitgehend gleichen äußeren Bedingungen. Das gilt aber auch für zweieiige Zwillinge. Daher ist der Vergleich der Befunde an eineiigen und zweieiigen Zwillingen für die ätiologische Erforschung vieler Zustände ganz besonders aufschlußreich, wie schon Galton erkannt und neuerdings besonders Siemens dargelegt hat.

Eineiige Zwillinge gehen regelmäßig aus derselben Erbmasse hervor. Ausnahmen von dieser Regel, die auf einer Störung der Chromosomenverteilung beruhen könnten, sind ebenso selten wie derartige Störungen überhaupt zu erwarten. Es handelt sich bei der Zellteilung, die zur Zwillingsbildung führt, natürlich nicht um eine Reduktionsteilung, bei der ja Erbungleichheit die Regel ist, sondern um eine Äquationsteilung. Daß auch bei der ersten Teilung der befruchteten Eizelle ausnahmsweise die beiden entstehenden Hälften erbungleich sein können, zeigen z. B. die sogenannten Halbseitenzwitter bei Schmetterlingen, deren eine Hälfte männlich und deren andere weiblich ist. Daß die gewöhnlichen Zellteilungen im Laufe der Entwicklung wirklich Äquationsteilungen, d. h. erbgleiche Teilungen sind, das zeigen die Erfahrungen an Klonen und reinen Linien, d. h. an Organismen, die Generationen hindurch sich ohne Fremdbefruchtung fortpflanzen und dabei ihre erbliche Eigenart getreu bewahren. Man darf daher schließen, daß auch bei eineiigen Zwillingen die entscheidenden Zellteilungen nicht zu einer Verschiedenheit der Erbmasse führen, und die tatsächliche Erfahrung stimmt durchaus damit überein. Das heißt nicht, daß eineiige Zwillinge immer völlig gleich gestaltet sein müßten. Auch abgesehen von verschiedenen Umwelteinflüssen während der späteren Entwicklung, z. B. verschiedener Lage im Uterus infolge gegenseitiger Behinderung, scheint die Teilung der Embryonalanlagen eventuell selber zu Verschiedenheiten Anlaß geben zu können. Es scheint, daß die Teilung, die zur Bildung eineiiger Zwillinge führt, nicht ausnahmslos mit der ersten Zellteilung zusammenfällt. Wenn die Trennung schon bei der ersten oder den gleich darauf folgenden Zellteilungen eintritt, so dürfte weitgehende Ähnlichkeit der Zwillinge die Folge sein; und das trifft in den allermeisten Fällen zu. Bei späterer Teilung der Embryonalanlage dagegen können mehr oder weniger große Unterschiede die Folge sein. Wenn die Differenzierung der Organanlagen schon eingeleitet ist, so können durch ungleiche Teilung zwei sehr verschiedene Früchte entstehen, z. B. kann die eine normal, die andere ein Akardier

sein. Auch in solchen Fällen aber brauchen die beiden Früchte nicht erbungleich zu sein.

Die Entscheidung, ob es sich um eineiige oder zweieiige Zwillinge handelt, kann durch genaue anthropologische Untersuchung fast immer getroffen werden. Wenn Haut-, Haar- und Augenfarbe genau übereinstimmen, so handelt es sich mit allergrößter Wahrscheinlichkeit um eineiige Zwillinge; wenigstens gilt das für unsere Bevölkerung mit ihren starken Farbenunterschieden; in rein dunklen Bevölkerungen ist mit den Pigmentunterschieden freilich nicht viel zu machen. Wichtig ist ferner die Ähnlichkeit der Gesichter; besonders wertvoll für die Entscheidung ist auch die Gestaltung der Ohrmuschel, die so außerordentlich variabel, bei eineiigen Zwillingen aber so gut wie immer fast völlig gleich gestaltet ist. Auch andere Merkmale, zumal solche, die der sonstigen Erfahrung nach polymer sind, sind zur Diagnose der Eineiigkeit verwendbar. Die Kopfform speziell ist nur mit Vorsicht heranzuziehen, da nach den bisherigen Erfahrungen eineiige Zwillinge gerade in der Kopfform nicht unerheblich verschieden sein können. Wichtig ist auch die Feststellung des Geburtshelfers, ob ein oder zwei Chorien vorhanden waren. Allerdings sind Angaben darüber oft unzuverlässig. Auch scheint es, daß Monochorie nicht ausnahmslos mit Monozygotie zusammenfällt. Die Entscheidung, ob ein oder zwei Chorien gebildet werden, hängt anscheinend hauptsächlich von der Entfernung voneinander ab, in der die beiden Embryonalanlagen sich einnisten, nicht aber eigentlich von der Herkunft aus einem oder zwei Eiern als solcher. Es wäre also möglich, daß in seltenen Fällen zwei verschiedene Eier sich unmittelbar nebeneinander einnisten und nur ein Chorion bilden, und andererseits, daß die Zwillingsteilhälften eines und desselben Eies auseinanderrücken und zwei Chorien bilden. Siemens hat über ein Zwillingspaar berichtet, das auf Grund des Eihautbefundes als dichorisch angesprochen werden mußte, das er aber wegen der auffallenden Ähnlichkeit doch für monozygotisch hält. Andererseits hat von Verschuer über ein offenbar dizygotisches Paar berichtet, das dem Eihautbefund nach monochorisch war. Auf solche Fälle wäre weiter zu fahnden.

Die Zwillingsforschung kann sehr wesentlich bei der Aufklärung der Frage mitwirken, ob ein bestimmtes Merkmal überhaupt durch die Erbmasse bedingt oder wesentlich mitbedingt ist. Bei monomeren Merkmalen ist dieser Nachweis zwar meist auch auf den weiter oben beschriebenen Wegen zu führen, bei polymeren Merkmalen dagegen oft nur schwer. Hier bietet die Zwillingsforschung eine wertvolle Ergänzung. Auch polymere Merkmale, soweit sie nicht wesentlich von Umwelteinflüssen abhängen, sind eben bei eineiigen Zwillingen weitgehend gleich zu erwarten, bei zweieiigen Zwillingen dagegen nur in einer Minderheit der Fälle. Für zu weitgehend halte ich es allerdings, wenn Siemens von der Zwillingsforschung sagt: „Für den Nachweis der Erblichkeit stark polyider (polymerer) Merkmale kommt sie als Methode allein in Betracht.“ Die an einer polymeren Kombination beteiligten Erbeinheiten äußern sich meist auch in Teilkombinationen und zum Teil sogar einzeln; und wenn das der Fall ist, so kann Erblichkeit bei polymerer Bedingtheit auch mit Hilfe der auf die Ähnlichkeit zwischen Eltern und Kindern bzw. zwischen Geschwistern angewandten Korrelationsrechnung nachgewiesen werden, wie weiter oben ausgeführt wurde. Gegenüber der Zwillingsmethode hat diese den Vorteil, daß sie viel leichter anwendbar ist. Zwillingsgeburten kommen

nur mit einer Häufigkeit von ungefähr 1:80 vor, Geburten eineiiger Zwillinge sogar nur mit einer Häufigkeit von 1:300—1:400. Bei selteneren Merkmalen, deren Erblichkeit man untersuchen will, wird es daher oft nicht gelingen, behaftete Zwillinge in genügender Zahl aufzutreiben. Das ist ein großer Nachteil der Zwillingsmethode; man ist bei ihr auf die Merkmale beschränkt, die das Zwillingsmaterial gerade bietet. Dieser Mangel ließe sich erst durch umfassende Organisation der Zwillingsforschung bis zu einem gewissen Grade ausgleichen. Den Grad und die Art der Polymerie im einzelnen zu bestimmen, gestattet die Zwillingsforschung überhaupt nicht. Die bloße Tatsache der erblichen Bedingtheit häufiger Merkmale dagegen kann durch Zwillingsforschung in manchen Fällen besser als durch andere Methoden aufgezeigt werden; so ist es z. B. wesentlich durch Zwillingsforschung sichergestellt worden, daß für die Entstehung des Kropfes (Siemens) und der Zahnkaries (Weitz) die erbliche Veranlagung von großer Bedeutung ist.

Für den Nachweis der „Nichterblichkeit" eines Merkmals dagegen dürfen Unterschiede eineiiger Zwillinge nur mit großer Vorsicht verwertet werden, worauf z. B. J. Bauer nachdrücklich hingewiesen hat. Siemens hat allerdings gemeint, auf diesem Wege die „Nichterblichkeit" der Muttermäler, der Linkshändigkeit und einiger anderer Merkmale aufzeigen zu können. Er hat z. B. 21 eineiige Zwillingspaare gefunden, von denen nur der eine, und 3 Paare, welche beide Linkshändigkeit aufwiesen. Gerade bei asymmetrischen Merkmalen ist besondere Vorsicht am Platze. Es wäre z. B. möglich, daß die Zwillingsschwangerschaft als solche zur Linkshändigkeit des einen Zwillings disponieren würde; man könnte sich denken, daß die Teilung der Embryonalanlage zur Entstehung einer Spiegelbildasymmetrie führen könne, oder daß die beiden Zwillinge im Uterus sich gegenseitig den Raum beeinträchtigen und daß die einander zugekehrten Seiten der beiden Zwillinge sich unter gleichartigeren Bedingungen entwickeln als die homologen. Dann aber würde man aus den Befunden an Zwillingen nicht auf die Ätiologie der Linkshändigkeit im allgemeinen schließen dürfen. Siemens' Untersuchungen über Muttermäler sprechen meines Erachtens für ganz überwiegend erbliche Bedingtheit der Muttermäler; ebenso auch das ungleich größere Material Meirowskys, das ich erbstatistisch bearbeitet habe. Für die Beurteilung asymmetrischer Merkmale dürfte ein Gedanke einschlägig sein, den, soviel ich sehe, zuerst Danforth ausgesprochen und den später besonders J. Bauer betont hat. Schon H. H. Newman hat die Ansicht vertreten, daß die Bildung der beiden Körperhälften bilateral symmetrischer Organismen als eine Zwillingsbildung aufgefaßt werden könne; und Danforth hat den Schluß gezogen, daß eineiige Zwillinge in gewisser Hinsicht sich ebenso voneinander unterscheiden wie die beiden Seiten desselben Individuums. Ebensowenig wie man die Unterschiede der beiden Seiten einfach auf Umwelteinflüsse zurückführen darf, wird man das daher hinsichtlich der asymmetrischen Merkmale eineiiger Zwillinge tun dürfen.

Für symmetrische Merkmale dagegen gestattet der Vergleich eineiiger und zweieiiger Zwillinge eine näherungsweise Bestimmung bzw. Abschätzung der relativen Bedeutung von Erbmasse und Umwelt bzw. eine nähere Bestimmung der Paravariabilität erblicher Merkmale, wie Siemens es ausdrückt. Der Grad der Übereinstimmung von Zwillingen wird zweckmäßig durch die Korrelationsrechnung erfaßt. Fehlen einer Korrelation bei eineiigen Zwillingen bedeutet nach Siemens Nichterblich-

keit des betreffenden Merkmals, vollständige Korrelation dagegen beweise erst dann völlige Erblichkeit bzw. geringe Bedeutung der Umwelt, wenn bei zweieiigen Zwillingen eine solche Korrelation fehle. Die Korrelation von Zwillingen könnte eben zum Teil durch die besondere Ähnlichkeit der Umwelt, in der Zwillinge zu leben pflegen, bedingt sein. Zweieiige Zwillinge haben im Durchschnitt nur einen ebenso großen Teil ihrer Erbmasse gemeinsam wie sonstige Geschwister. Der durch besondere Ähnlichkeit der Umwelt bei Zwillingen etwa bedingte Teil der Korrelation kann also durch Vergleich mit der Korrelation von Geschwistern näher bestimmt bzw. ausgeschlossen werden. Dabei ist freilich zu berücksichtigen, daß Zwillinge gleichaltrig, andere Geschwister mehr oder weniger ungleichaltrig sind, was besonders im Kindesalter erhebliche Unterschiede der Korrelation bedingen kann (Nachdunkeln der Haare, Auftreten von Pigmentmälern, Ausbruch gewisser Krankheiten usw.).

Es wäre eine voreilige Annahme, wenn man meinen würde, daß Zwillinge regelmäßig unter gleichartigeren Umwelteinflüssen sich entwickeln als Geschwister. Gerade hinsichtlich der intrauterinen Einflüsse gilt das wohl nur für einen Teil, nämlich die chemischen Einflüsse, während die mechanischen Umwelteinflüsse für Zwillinge eher verschiedener sein dürften; man braucht nur an den an die Wand gedrückten Fetus papyraceus zu denken. Auf solche unterschiedlichen Raumverhältnisse dürften z. B. die teilweise nicht unbeträchtlichen Unterschiede in der Schädelform eineiiger Zwillinge zurückzuführen sein; so darf man meines Erachtens nicht einfach schließen, daß starke Hochköpfigkeit (Hypsikephalie, in extremen Fällen „Turmschädel“ genannt) deshalb nicht erblich sei, weil sie gelegentlich nur bei einem von zwei eineiigen Zwillingen vorkommt. Über die ätiologische Bedeutung jener Umwelteinflüsse, die uns am meisten interessieren würden, nämlich der im extrauterinen Leben einwirkenden praktisch wichtigen, sagt uns die Zwillingsforschung leider wenig. Soweit z. B. Unterschiede der Muttermalbildung durch Umwelteinflüsse bedingt sind, kommen im wesentlichen offenbar nur Einflüsse während der frühen Embryonalentwicklung in Betracht; und da ein Einfluß im allgemeinen um so stärkere Folgen hat, auf je früherer Entwicklungsstufe er einwirkt, so können es möglicherweise ganz geringfügige Unterschiede der Konstellation sein, die man kaum den sonst medizinisch oder hygienisch wichtigen Umwelteinflüssen an die Seite stellen kann. Ich möchte sie jenen Ursachen vergleichen, die bei einem Springbrunnen zu der immer wechselnden Auflösung des Wasserstrahls in einzelne Tropfen führen. Die Gestaltung der einzelnen Tropfen ist nicht durch die innere Anlage des Springbrunnens bedingt, aber auch nicht direkt durch äußere Ursachen, sondern sie entsteht infolge Störungen der Ausbalancierung des Strahles, die ihrerseits freilich wieder aus dem Zusammenspiel der inneren Anlage und der äußeren Umstände sich ergeben. Ähnlich dürfte auch die Gestaltung der einzelnen Muttermäler zustande kommen; diese ist als solche nicht erblich; doch kann man sie auch nicht eigentlich umweltbedingt nennen; am besten ist sie wohl als „zufällig“ zu bezeichnen. Die Muttermalbildung im ganzen aber ist ausgesprochen erblich. Das möge nun noch an dem von Siemens beigebrachten Material mittels der Korrelationsrechnung gezeigt werden. Die Rechnung bietet zugleich ein Beispiel, wie man bei relativ kleinem Material, wo die Aufstellung einer Korrelationstabelle nicht lohnt, den Korrelationskoeffizienten direkt berechnen kann.

Die 45 Zwillingspaare von Siemens wiesen folgende Verteilung der Naevi auf; die Berechnung von r ist gleich angeschlossen:

Zw. I	Zw. II	a_x	a_y	a_x^2	a_y^2	$a_x \cdot a_y$	
1	6	— 19	— 14	361	196	+ 266	
4	6	— 16	— 14	256	196	+ 224	
4	7	— 16	— 13	256	169	+ 208	
5	8	— 15	— 12	225	144	+ 180	
7	8	— 13	— 12	169	144	+ 156	
7	21	— 13	+ 1	169	1		— 13
8	11	— 12	— 9	144	81	+ 108	
8	13	— 12	— 7	144	49	+ 84	
8	15	— 12	— 5	144	25	+ 60	
8	16	— 12	— 4	144	16	+ 48	
8	17	— 12	— 3	144	9	+ 36	
9	13	— 11	— 7	121	49	+ 77	
10	11	— 10	— 9	100	81	+ 90	
10	11	— 10	— 9	100	81	+ 90	
10	13	— 10	— 7	100	49	+ 70	
11	13	— 9	— 7	81	49	+ 63	
11	19	— 9	— 1	81	1	+ 9	
12	17	— 8	— 3	64	9	+ 24	
13	23	— 7	+ 3	49	9		— 21
14	16	— 6	— 4	36	16	+ 24	
14	23	— 6	+ 3	36	9		— 18
15	17	— 5	— 3	25	9	+ 15	
15	18	— 5	— 2	25	4	+ 10	
15	18	— 5	— 2	25	4	+ 10	
15	23	— 5	+ 3	25	9		— 15
16	27	— 4	+ 7	16	49		— 28
17	23	— 3	+ 3	9	9		— 9
18	18	— 2	— 2	4	4	+ 4	
18	23	— 2	+ 3	4	9		— 6
19	23	— 1	+ 3	1	9		— 3
20	24	0	+ 4	0	16		
20	29	0	+ 9	0	81		
21	21	+ 1	+ 1	1	1	+ 1	
21	24	+ 1	+ 4	1	16	+ 5	
21	27	+ 1	+ 7	1	49	+ 7	
22	22	+ 2	+ 2	4	4	+ 4	
22	32	+ 2	+ 12	4	144	+ 24	
23	32	+ 3	+ 12	9	144	+ 36	
26	35	+ 6	+ 15	36	225	+ 90	
27	29	+ 7	+ 9	49	81	+ 63	
29	45	+ 9	+ 25	81	625	+ 225	
41	70	+ 21	+ 50	441	2500	+ 1050	
43	48	+ 23	+ 28	529	784	+ 644	
43	57	+ 23	+ 37	529	1369	+ 851	
44	55	+ 24	+ 35	576	1225	+ 840	
						+ 5696	— 113

$M = 19{,}777\ldots$
$A = 20{,}000$
$b = -0{,}222\ldots$

$2\Sigma a^2 = 14072$
$\Sigma a^2 = 7036$
$\frac{\Sigma a^2}{n} = 156{,}36$
$b^2 = \underline{0{,}05}$
$\text{Diff.} = 156{,}31$
$\sigma = 12{,}02$

$\Sigma a_x a_y = + 5583$
$n \cdot b^2 = \underline{2{,}25}$
$\text{Diff.} = + 5581{,}75$

$$r = \frac{\Sigma a_x a_y - n b^2}{\Sigma a^2 - n b^2} = \frac{5581{,}75}{7033{,}75}$$

$$\mathbf{r = 0{,}79 \pm 0{,}055}$$

Die Berechnung geschieht wie oben nach der Formel $r = \frac{\Sigma p a_x a_y - n b_x b_y}{n \sigma_x \sigma_y}$; da keine Korrelationstabelle aufgestellt wurde, ist natürlich $p = 1$. Wenn es sich um Korrelation zwischen zwei verschiedenartigen Reihen (z. B. Eltern und Kindern) handelt,

so sind die Werte von M_x und M_y natürlich verschieden und müssen gesondert berechnet werden, ebenso σ_x und σ_y. In unserem Falle dagegen sind beide Reihen gleichartig; ist es doch ganz willkürlich, welchen von zwei Zwillingen man der ersten (X-) Reihe und welchen man der zweiten (Y-) Reihe zuteilt. Daher muß in diesem Falle $M_x = M_y = M$ sein, ebenso $\sigma_x = \sigma_y = \sigma$. Das ermöglicht eine Vereinfachung der Rechnung. Während sonst σ_x und σ_y aus den Summen der Abweichungsquadrate Σa_x^2 und Σa_y^2 gesondert berechnet werden müssen, ist in unserem Falle $\Sigma a_x^2 + \Sigma a_y^2 = 2\Sigma a^2$ zu setzen. Zu beachten ist besonders der Faktor 2 auf der rechten Seite; wenn zwei Summen addiert werden, so muß sich natürlich das Zweifache der mittleren Summe ergeben. Daraus erhält man durch Division mit 2 den Wert von Σpa^2 und daraus auf die schon S. 714 angegebene Weise σ. Die Berechnung von σ wurde hier nur ausgeführt, um zu zeigen, wie sie verläuft, was auf S. 714 nur in Worten beschrieben wurde. Tatsächlich ist in unserm Falle die Berechnung von σ gar nicht nötig; denn wenn $\sigma_x = \sigma_y$, so ist $n\sigma_x \cdot \sigma_y = n\sqrt{\frac{\Sigma a^2}{n} - b^2} \cdot \sqrt{\frac{\Sigma a^2}{n} - b^2} = \Sigma a^2 - nb^2$. Das Ergebnis $r = +0{,}79 \pm 0{,}055$ besagt, daß eine hohe Korrelation zwischen eineiigen Zwillingen in bezug auf die Zahl ihrer Muttermäler besteht. Inwieweit daraus auf eine mehr oder weniger große Bedeutung der Erbmasse für das Zustandekommen der Naevi zu schließen ist, soll noch dargelegt werden.

Zunächst möchte ich nur noch auch die Berechnung des Korrelationsindex an dem gleichen Material zeigen. Da in unserem Falle $s_x = s_y$ und $d_x = d_y$ ist, vereinfacht sich die oben gegebene Berechnungsformel (vgl. S. 725—727) bedeutend:

$$k = \frac{s_{I,\,IV} - s_{II,\,III} + 2d\,(p_{I,\,IV})}{ne}$$

$$\text{oder auch } k = \frac{s_{I,\,IV} - s_{II,\,III} + 2d\,(p_{I,\,IV})}{s_{I,\,IV} + s_{II,\,III} + 2d\,(p_{I,\,IV})}$$

		+		−	
Zw. I	Zw. II	a_x	a_y	a_x	a_y
1	6	18	13 (Qu. I)		
4	6	15	13		
4	7	15	12		
5	8	14	11		
7	8	12	11		
7	21			12	2 (Qu. III)
8	11	11	8		
8	13	11	6		
8	15	11	4		
8	16	11	3		
8	17	11	2		
9	13	10	6		
10	11	9	8		
10	11	9	8		
10	13	9	6		
11	13	8	6		
11	19	8	0		
12	17	7	2		
13	23			6	4
14	16	5	3		
14	23			5	4
15	17	4	2		
15	18	4	1		
15	18	4	1		
15	23			4	4
16	27			3	8
17	23			2	4
18	18	1	1		
18	23			1	4
19	23			0	4
20	24	1	5 (Qu IV)		
20	29	1	10		
21	21	2	2		
		211	144	33	34
			355		67

Zw. I	Zw. II	a_x	a_y	a_x	a_y
		+		—	
		211	144	33	34
21	24	2	5		
21	27	2	8		
22	22	3	3		
22	32	3	13		
23	32	4	13		
26	35	7	16		
27	29	8	10		
29	45	10	26		
41	70	22	51		
43	48	24	29		
43	57	24	38		
44	55	25	36		
M = 19,777 ...		345	392	33	34
A = 19,00		737		67	

$s_{xI,\ IV} - s_{xII,\ III} = 670$
$2d\,(p_I - p_{IV}) = 10{,}88\ldots$
$S_{xI,\ II} - S_{xIII,\ IV} = 680{,}888\ldots$
$n \cdot e = 814{,}888$
$k = 680{,}88 : 814{,}88 = 0{,}8356$
$\mathbf{k = 0{,}84}$

$p_I = 22$
$p_{II} = 0$
$p_{III} = 8$
$p_{IV} = 15$
$d = 0{,}777\ldots$

Der Korrelationsindex ist in diesem Falle also ein wenig höher als der Korrelationskoeffizient. Seine Berechnung ist dann, wenn es nicht lohnt, eine Korrelationstabelle aufzustellen, beträchtlich einfacher als die des Korrelationskoeffizienten, wie der Vergleich dieser Rechnung mit der vorigen zeigt.

Auch für die Beurteilung der Korrelationen zwischen Zwillingen ist es nötig, zu wissen, wie hohe Korrelationen zu erwarten sind, wenn die Erbmasse allein entscheidend für ein Merkmal ist, oder wenn die Umwelt einen mehr oder weniger großen Einfluß hat. Wenn ein Merkmal allein von der Erbmasse abhängt, so ist zwischen eineiigen Zwillingen eine Korrelation von 1 zu erwarten. Wenn ein Merkmal dagegen in einem steigenden Bruchteil der Fälle durch Umwelteinflüsse unterdrückt wird, so sinkt die Korrelation natürlich. Ich habe für eineiige und zweieiige Zwillinge gesondert berechnet, wie hohe Korrelationen dann zu erwarten wären.

Wird eine dominante*) Erbanlage von der Häufigkeit 0,5 an der Äußerung gehindert

	bei eineiigen Zwillingen	bei zweieiigen Zwillingen
in 0,0 der Fälle, so beträgt die Korrelation	1,00	0,42
0,1 „ „	0,69	0,29
0,2 „ „	0,50	0,21
0,3 „ „	0,37	0,15
0,4 „ „	0,27	0,11
0,5 „ „	0,20	0,08
0,6 „ „	0,14	0,06
0,7 „ „	0,10	0,04
0,8 „ „	0,06	0,02
0,9 „ „	0,03	0,01
1,0 „ „	0,00	0,00

Dabei ist nur diejenige Korrelation in Rechnung gestellt, die auf Grund gemeinsamer Erbmasse zu erwarten wäre, nicht aber eine Korrelation, die etwa noch infolge besonderer Gleichheit der Umweltbedingungen

*) Für eineiige Zwillinge gelten dieselben Zahlen auch für Anlagen von anderem Erbgang, auch für polymere Anlagen für alle Häufigkeiten.

hinzukäme. Den durch besondere Gleichheit der Umwelt von Zwillingen bedingten Teil der Korrelation könnte man durch Vergleich mit der Korrelation von Geschwistern im gleichen Alter erfassen. Andererseits gibt das Zurückbleiben der Korrelation von zweieiigen Zwillingen hinter der von eineiigen Anhaltspunkte dafür. Für zweieiige Zwillinge ergibt sich aus dem Material von Siemens über Muttermäler eine Korrelation von $0{,}40 \pm 0{,}13$ (gegenüber $0{,}79 \pm 0{,}055$ für eineiige). Dieses starke Zurückbleiben hinter der bei eineiigen Zwillingen gefundenen Korrelation spricht dafür, daß die gleichartige Umwelt der Zwillinge als Ursache der Korrelation hinsichtlich der Muttermäler höchstens zu einem verschwindend geringen Teil in Betracht kommt. Siemens hat mit Recht darauf hingewiesen, daß die Erblichkeit gewisser Merkmale, die eine hohe Korrelation bei eineiigen Zwillingen zeigen, gerade aus dem Fehlen einer ähnlich hohen Korrelation bei zweieiigen Zwillingen festgestellt werden kann. Im Falle der Muttermäler würden die Korrelationszahlen bei Zwillingen zu der Annahme passen, daß die Muttermalbildung im Ausmaße von etwa neun Zehnteln von der Erbmasse abhängig wäre. An dem großen Material von Meirowsky (je 150 Paare eineiiger und zweieiiger Zwillinge) habe ich Korrelationen von $0{,}78 \pm 0{,}036$ für die eineiigen und von $0{,}31 \pm 0{,}09$ für die zweieiigen Zwillinge hinsichtlich der Naevuszahlen gefunden.

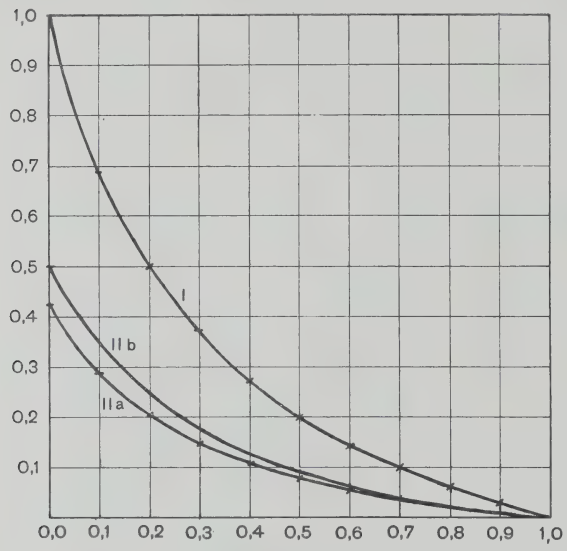


Fig. 7.

Wenn es sich um intermediäre Erbanlagen handelt, so sind bei eineiigen Zwillingen dieselben Korrelationen wie bei dominanten (bzw. rezessiven) zu erwarten; bei zweieiigen Zwillingen dagegen sind die erwartungsmäßigen Korrelationen im Falle intermediären Verhaltens etwas höher (bis zu 0,5); den Verlauf der Korrelationswerte in diesem Falle zeigt Kurve IIb in Fig. 7.

Die erwartungsmäßigen Korrelationen sind hier nur für alternative Merkmale, also eine Variabilität von zwei Klassen, berechnet. Bei Merkmalen, die eine größere Zahl von Klassen oder Graden aufweisen, können die Korrelationen etwas höher sein. Der Korrelationskoeffizient und in geringerem Grade auch der Korrelationsindex gibt an dem gleichen Material um so höhere Werte, je größer die Zahl der Klassen ist, die man unterscheidet. Groß sind diese Unterschiede aber nicht; auf die Berechnung der erwartungsmäßigen Korrelationen bei Reihenvariabilität, die sehr umständlich sein würde, konnte daher verzichtet werden. Wenn bei Merkmalen mit Reihenvariabilität Zweifel über die Vergleichbarkeit mit den hier gegebenen Korrelationen entstehen sollten, so kann man auch bei Reihenvariabilität die Korrelationen alternativ berechnen, d. h.

nur zwischen überdurchschnittlicher und unterdurchschnittlicher Ausbildung des Merkmals unterscheiden. Dann erhält man Minimalzahlen für die Korrelationen.

Um den durch besondere Gleichheit der Umwelt von Zwillingen bedingten Teil der Korrelationen (der im allgemeinen recht gering sein dürfte) zu bestimmen, sollten möglichst viele Korrelationen von Merkmalen bei Zwillingen einerseits und sonstigen Geschwistern andererseits bestimmt werden. Auch die Korrelation anderer Geschwister kann bei gewissen Merkmalen teilweise durch die Umwelt bedingt sein; das dürfte z. B. hinsichtlich der Körpergröße der Fall sein (Einfluß der Ernährung).

Ein wesentlicher Mangel der Zwillingsmethode liegt, wie schon erwähnt, darin, daß es oft nicht ohne weiteres gelingt, Zwillinge aufzutreiben, von denen wenigstens einer ein Merkmal, das man auf Erblichkeit untersuchen will, darbietet. Hier kann nur eine umfassende Organisation der Zwillingsforschung, die über die Kräfte des einzelnen Forschers hinausgeht, Abhilfe schaffen. Daher sollten möglichst alle Zwillingspaare in der Bevölkerung auf Grund einer organisierten Arbeitsteilung von Fachleuten untersucht und „Zwillingsarchive" angelegt werden, wie Siemens mit Recht gefordert hat. Die Zwillinge sollten dauernd weiter verfolgt und in bestimmten Zeitabständen von neuem untersucht werden. Dann würden bald große Zahlen zusammenkommen und die menschliche Erblichkeitslehre würde um viele sichere Erkenntnisse bereichert werden, was mit Rücksicht auf ihre grundlegende Bedeutung für die Rassenhygiene auch praktisch überaus wertvoll wäre.

Literaturverzeichnis.

Bauer, J., Vorlesungen über allgemeine Konstitutions- und Vererbungslehre. 2. Aufl., Berlin 1923.

Baur, E., Fischer, E. und Lenz, F., Menschliche Erblichkeitslehre. 3. Aufl., München 1927.

Betz, W., Über Korrelation. Beihefte zur Zeitschr. f. angewandte Psychologie 1911, Bd. 3.

Davenport, Ch. B., Statistical methods with special reference to biological variation. 2. Aufl., Newyork 1904.

Fisher, R. A., Statistical methods for research workers. London 1925.

Galton, F., The history of twins as a criterion of the relative powers of nature and nurture. Journal of the anthropological institute 1876.

Haecker, V., Methoden der Vererbungsforschung beim Menschen. In Abderhaldens Handbuch der biolog. Arbeitsmethoden, Abt. IX, Teil 3, H. 1, 1923.

Johannsen, W., Elemente der exakten Erblichkeitslehre mit Grundzügen der biologischen Variationsstatistik. 3. Aufl., Jena 1927.

Lang, A., Die experimentelle Vererbungslehre in der Zoologie seit 1900. Jena 1914.

Pearl, R., Introduction to medical biometry and statistics. Philadelphia u. London 1923.

Pearson, K., Grammar of science. 2. Aufl., London 1900.

Peters, W., Die Vererbung geistiger Eigenschaften und die psychische Konstitution Jena 1925.

Scheidt, W., Einführung in die naturwissenschaftliche Familienkunde. München 1923.

Siemens, H. W., Einführung in die allgemeine und spezielle Vererbungspathologie des Menschen. 2. Aufl., Berlin 1923.

— Ders., Die Zwillingspathologie. Berlin 1925.

Weinberg, W., Methoden und Technik der Statistik. Im „Handbuch der sozialen Hygiene" von Gottstein, Schloßmann und Teleky, Bd. I. Berlin 1925.

Yule, U., Indroduction to the theory of statistics, 3. Aufl. London 1924.

Sachregister.

Bearbeitet von
Medizinalrat, Privatdozent Dr. **H. Kliewe,** Gießen.

A.

Abbescher Kondensor I 218.
Abdeckereien I 1066.
Abderhaldensche Reaktion I 189, 540.
Aberration der Strahlen im Deckglas I 215.
Abfälle II 27.
Abfallstoffe I 996, 1066.
Abflammen III 640.
Abgegessensein II 29.
Abimpfung I 439.
Abkühlungsgröße, Apparat zur Messung nach B. Heymann III 76.
— — — — — Reichenbach III 76.
— — — — — Schuster und Bayer III 75.
— — — — — Thilenius und Dorno III 76.
Abkühlungskoëffizient III 233.
Ablese-Fernrohr I 18.
— -Lupe I 18.
Ablesungsfehler, parallaktische I 12, 18, 141.
Abschlagapparat I 1006.
Absinth II 440.
Absitzbecken I 1051.
Absorptionsgefäße I 276.
Absorptionspipetten I 688.
Absterbekurve der Bakterien III 630.
Absterbeordnung I 109.
Abszisse I 43.
Abtötender Wert III 629.
Abtötung von Keimen III 629.
Abwässer I 996.
— bakteriologische Untersuchung I 1024.
— Bestimmung des Albuminoid-Ammoniak I 1021.
— — der Chloride I 1030.
— — — Fette und Seifen I 1031.
— — — Oxydierbarkeit I 1023.
— — — Salpetersäure I 1021.
— — — salpetrigen Säure I 1022.
— — des flüchtigen Stickstoffes (Ammoniak und Amine) I 1020.
— — — organischen Kohlenstoffes I 1022.
— — — Sauerstoffgehaltes I 1027.
— — — Schwefelwasserstoffes I 1024.
— Bodensatz I 1014.
— Desinfektion von I 1065, III 654.
Abwässer einer Fabrik, Ergebnis der Untersuchung I 1034.
— Einleitung in das Meer oder in größere Seen oder Flüsse I 1050.
— Farbe, Klarheit, Durchsichtigkeitsgrad I 1012.
— von Farbenfabriken I 1041.
— von Gerbereien und Lederfabriken I 1041.
— Geruch I 1014.
— Gesamtrückstand, Glühverlust, Glührückstand I 1017.
— Gesamtstickstoff I 1018.
— grobsinnliche Untersuchung I 1009.
— Lösungen und Reagentien zur Untersuchung der I 1070.
— Mechanische Reinigungsverfahren I 1050.
— mikroskopische Untersuchung I 1042.
— mit vorwiegend mineralischen Bestandteilen I 1040.
— mit vorwiegend stickstoffhaltigen, organischen Stoffen I 1040.
— Nachweis von B. Coli I 1043.
— Nachweis von pathogenen Keimen I 1044.
— Nachweis von Rhodan I 1039.
— — — Zyanverbindungen I 1038.
— Probeentnahme I 999, 1007.
— Reaktion I 1011.
— Reinigung durch Fischteiche I 1064.
— Reinigungsanlagen, Untersuchung und Begutachtung verschiedener I 1049.
— Reinigungsverfahren, Bedingungen für ordnungsgemäß arbeitende I 1059.
— Schlachthof- I 1042.
— einer Zellulosefabrik I 1041.
— Stärkefabrik- I 1040.
— suspendierte Stoffe 1014.
— Untersuchung auf Fäulnisfähigkeit I 1009.
— Untersuchung auf giftige Stoffe in gewerblichen I 1038.
— — im Laboratorium I 1008.
Abwässeruntersuchungen, Ergebnisse I 1031.
Abwehrfermente I 540.
Abweichung, mittlere quadratische III 714.

Accident-Hours III 429.
Achromatische Systeme I 213.
Acidobutyrometrie nach N. Gerber II 557.
Acidum carbolicum III 658.
— — liquefactum III 658.
Ackerrodel II 109.
Ackerspergel II 109.
Actol, antiseptische Wirkung III 652.
Additionsapparat nach Brudny I 460.
Adrenalin, Reizwirkung des III 354.
Adsorption I 344.
Aëdes aegypti III 594.
Aëronom I 702.
Aëroskop I 713.
Aethusa Cynapium II 218.
Agar I 427.
— stark alkalischer III 586.
Agglomeration I 523.
Agglutination I 523.
— Ablesung I 526.
— Austitrierung im Reihenversuch I 526.
— Mit- I 524.
— orientierende I 527.
— Par- I 500, 524.
— Säure- I 523, 534.
— Spontan- I 523.
Agglutinationslupe I 588.
Agglutinationsversuch, Ablesung der Ergebnisse des quantitativen I 529.
Agglutination, zeitliches Fortschreiten I 526.
Agglutinine I 523, II 745.
Agglutinoide III 544.
Agglutinoskop nach Kuhn u. Woithe I 529.
— nach Korach I 530.
Aggressine I 448, 470.
Agrostemma Githago II 107.
Agumamehl II 120.
Ahnentafel III 695.
A-Klasse III 503.
Akklimatisation, Untersuchungen über I 680.
Akkumulatoren, Blei- I 176.
Akrolein, Nachweis III 90.
Aktinimeter nach Fürstenau III 174.
Aktinometer nach Michelson I 667.
Aktinomyzeten I 356, III 588.
Aktionsströme zum Nachweis von Erregung und Ermüdung III 361.
Alastrim III 619.
Albargin, antiseptische Wirkung III 652.
Albedo III 157.
Albismeßband III 478.
Albuminoid-Ammoniak, Bestimmung im Wasser I 929.
Alcalysol III 669.
Aldehydkatalase II 581.
Alectorolophus hirsutus All. II 109.
Aleuronzellen II 102.
Alexine I 519.
Algen I 357.
— Kiesel- I 1087.
— Kieselfaden- I 1088.
— Kieselstern- I 1088.
Algen, Kugel- I 1088.
Algesimeter nach Alrutz und Motschukowsky III 405.
— — Vannod III 405.
Alkalikarbonate als Desinfektionsmittel III 655.
Alkalien, Desinfektionswirkung III 653.
Alkalimetalle (Kalium und Natrium) Nachweis im Wasser I 914.
Alkalimetrie I 319.
Alkalinität des Wassers, Bestimmung I 889.
— Maß der aktuellen I 329.
Alkohol, Desinfektionswirkung III 657.
Alkoholgehalt, Ermittelung aus dem spez. Gewichte des Destillates II 513.
Alkohol, Umrechnung der Gramm in Liter auf Maßprozente II 514.
Allantiasis II 707.
Allergie I 502.
Allihnsches Röhrchen II 66.
Allium, vineale II 107, 214.
Alter, Durchschnitts- I 106.
Alternaria Nees II 105.
Alternation I 543.
Altersaufbau der Bevölkerung der Stadt Nürnberg III 339.
Altine I 218.
Aluminium, Nachweis III 126.
— qualitativer Nachweis im Wasser I 866.
Amalgamierung I 177.
Amanita muscaria II 221.
— pantherina II 221.
— phalloides II 221.
— regalis II 221.
Amarellen II 239.
Ambi-Bauweise III 310.
Ambidextrie, genuine III 421.
Ambozeptor I 505, 516, III 597.
Ameisensäure, Desinfektionswirkung III 653.
— Nachweis III 89.
Amikronen I 252.
Ammoniakentwickler III 663.
Ammoniak, Nachweis I 706.
Ammoniumsalze, Nachweis im Wasser durch Neßlersches Reagens I 917.
— quantitative Bestimmung durch kolorimetrisches Verfahren I 917.
Amoeba histolytica III 602.
— tetragena III 602.
Amöboidismus III 417.
Ampère I 172.
Ampholyte I 252, 254.
Amygdalus communis II 241.
Amylalkohol, Desinfektionswirkung III 657.
Amylase II 582.
Anaërobenzüchtung durch Absorption des Sauerstoffes auf biologischem Wege I 417.
— — Bindung des Sauerstoffes durch chemische Absorption I 415.
— — Entfernung der Luft mittels Luftpumpe I 414.
— — mechanischen Luftabschluß in hoher Schicht I 413.

Anaërobenzüchtung durch Verdrängung der Luft durch indifferentes Gas I 414.
Anaërobe, fakultative bzw. obligate I 413.
Anaëroben Kulturen I 413.
Anaërober Index nach H. Vincent I 943.
Analyse, Aufschlüsse III 103.
— Gang der Gewichts- I 305.
— Gewichts- I 302.
— Grundlinien der quantitativen I 302.
— Grundzüge der qualitativen I 287.
— Lösungsversuche III 102.
— Maß- I 306.
— quantitative Bestimmung von Niederschlägen auf mikrovolumetrischem Wege I 306.
— Rest- I 308.
— volumetrische I 306.
— Vorproben III 102.
Analysengang, Übersicht über den III 106.
Analytisches Arbeiten, allgemeine Regeln für III 100.
Ananas II 239.
Anaphylaktischer Schock I 509.
Anaphylaxie I 513.
— passive I 514.
— spezifische I 513.
Anaphylaxiereaktion, Bedeutung für die praktische Fleischuntersuchung II 810.
Anemograph, Vertikal- I 629.
Anemometer, dynamisches nach Recknagel I 631.
— nach Combes I 631.
— Schalenkreuz- I 631.
— statisches nach Fueß I 632.
— zum Messen von Kanälen nach G. Rosenmüller III 212.
Anemostat nach E. Küster III 205.
Anergie I 515.
Anethum graveolens II 218.
Angriffsstoffe I 470.
Anguillula tritici II 106.
Anhydride I 250.
Anilinfarbstoffe, basische I 366.
Anilin, Nachweis III 91.
Anionen, Einteilung in natürliche Gruppen I 299.
Anis II 332.
Ankylostoma duodenale III 96, 626.
Ankylostoma, Anreicherungsverfahren nach Looß u. H. Bruns III 96.
Anlage, geschlechtsbegrenzte III 704.
—, geschlechtsgebundene III 704.
Anophelesmücke III 613.
Anreicherungsverfahren I 441.
— nach Huntemüller III 512.
— für Fleischvergifter II 687.
— in Peptonwasser III 587.
— für Wasserbakterien in flüssigen Nährböden I 942.
— — — nach Hesse I 936, 941.
— — — — Marmann I 936, 941.
— — — — Müller I 936, 941.
— nach Stäubli I 442.
— durch Züchtung I 442.
Ansteckungsquelle I 562.
— Ermittlung einer menschlichen I 565.
Antagonismus I 444.
Anthophysa vegetans I 1087.
Anthropometer III 478.
Antianaphylaxie I 514.
Antiforminverfahren nach Uhlenhuth I 442, III 578.
Antifrikationsmetall III 127.
Antigen I 499, III 596.
— Fleisch-, Vorbereitung nach Manteufel und Tomioka II 779.
Antigenherstellung aus Leichenblut nach Tsukasaki II 778.
— nach Fudjiwara II 777.
— quantitative Austitrierung III 600.
Antihämolysinnachweis III 514.
Antihämotoxin I 449.
Antikenotoxin III 359.
Antikörper I 505.
— heterogenetische I 500, II 748.
— komplementbindende I 537.
— virulizide I 515.
— zytolytische I 515.
Antimon, gesundheitliche Schädigung durch III 127.
— Nachweis III 128.
Antipoden, optische I 246.
Antiseptischer Wert III 629.
Antisera, neuere Versuche zur Gewinnung streng spezifischer II 776.
Antiserum, Herstellung von Dotter- II 804.
— Klärung und sterile Filtration II 764.
Antistaphylolysinnachweis I 520.
Antitoxine I 511.
Apertometer von Abbe I 241.
Apertur, numerische I 206.
Apfel II 238.
Apfelkraut, Obstkraut, Bestimmung der freien Säuren, der flüchtigen, der Mineralstoffe usw. II 280.
— — — des Stickstoffes II 280.
— — Beurteilung II 280.
— — Nachweis von Gelatine und Agar II 280.
— — — — Stärkesirup II 280.
— — Polarisation vor und nach der Inversion, Zuckerbestimmungen II 279.
— — spez. Gewicht der Lösung 1 : 10 und Extraktgehalt II 279.
— — Untersuchung II 279.
— — Verfälschungen II 279.
— — Zusammensetzung II 279.
Apfelsinen II 238.
Aphanozoen I 357, 386.
Apion frumentarius II 106.
Apium II 218.
— graveolens L. II 209, 218.
Apochromate I 213, 214.
Appa-Bauweise III 309.
Apparat nach Faust-Heim I 438.
— zur Bestimmung des Erstarrungspunktes nach Polenske II 630.
Apparate, selbstregistrierende I 72.
Approche III 495.

Aprikosen II 239.
Aprikosenkerne II 246.
Aqua cresolica, Desinfektionswirkung III 659.
Äquivalentgewicht I 248.
Arachis hypogaea II 241.
Aräometer I 151.
Arbeit als Reiz III 355.
— geistige III 355.
— körperliche III 355.
— Intensität der geistigen, in Mittelwerten III 377.
Arbeiten mit Gasen I 283.
Arbeiter, Infektionen der Arbeiter in den einzelnen Betrieben III 96.
Arbeitsmaterial, giftiges III 80.
Arbeitsräume III 69.
— Beleuchtung III 69.
— Feuersicherheit III 69.
— Luftkubus für den einzelnen Arbeiter III, 70.
— Nebenräume III 70.
Arbeitsraum, bakteriologischer I 577.
Arbeitsstätten, Einrichtung und Betrieb hygienischer I 575.
Arbeitstische für Mikroskopie I 577.
Arcella vulgaris I 1087.
Arctomys bobac III 555.
Ardometer I 171.
Arepa II 99.
Argentamin III 652.
Argentum fusum III 652.
— nitricum III 652.
Argonin, antiseptische Wirkung III 652.
Argon, Bestimmung I 694.
Argument I 41.
Aristosziegel III 309.
Armillaria mellea II 220.
Armleuchtergewächse I 1088.
Aronsons Fuchsin-Sulfit-Saccharose-Dextrin-Agar III 586.
Arrak II 439.
Arrope II 448.
Arschitzen II 238.
Arsen III 86.
Arsenbestimmung, Apparat zur kolorimetrischen I 858.
Arsen, gesundheitliche Schädigung durch III 130.
— Nachweis auf biologischem Wege I 296, III 131.
— — in Farben III 147.
— — in Gespinsten und Geweben III 148.
— — in der Luft III 149.
— — in Tapeten III 147.
— gravimetrische Bestimmung III 134.
Arsennachweis durch die Gutzeitsche Probe III 133.
— — — Marshsche Probe III 131.
— maßanalytische Bestimmung III 134.
— titrimetrisches Verfahren III 134.
Arsenwasserstoff III 86.
Artemisia dracunculus II 218.
Arten I 542.
Arthigon III 522.
Artischocke II 216.
Asbeststopfen I 263.
Ascaris capsularis II 716.
— lumbricoides III 625.
Asche, quantitative Bestimmung II 62.
Asellus aquaticus I 1087.
Ascolireaktion II 666.
Askosporen I 356.
„Äskulap"-Desinfektionsapparat nach Schering III 660.
Ästhesiometer, Gewichtsdoppel- III 407.
— Karton- nach Buzenet III 407.
— nach Abelson III 408.
— — Brückner III 408.
— — Friedmann III 414.
— — H. Griesbach III 406.
— — R. Griesbach III 406.
— — Ponzo III 408.
— — Sieveking III 406.
— — Spearman III 406.
—, Pendel- nach Ziehen III 408.
Asochyta Pisi Lib. II 122.
Asparagus officinalis II 211.
Aspergillus glaucus II 105, I, 170, III 590.
— candidus Link I 105.
Aspirationsaufsätze III 220.
Aspirationslüftung III 218.
Aspirator I 685.
Asplanchna priodonta I 1088.
Assoziationskoeffizient III 710.
Asterionella formosa I 1088.
Astigmatismus I 214.
Atavistischer Rückschlag I 542.
Ataxiometer nach Miles III 401.
Atemschutzgeräte, objektive Prüfung der III 79.
— subjektive — — III 79.
Atemschutz, gewerblicher III 78.
Atemventile II 75.
Äther, Nachweis III 89.
Äthylalkohol, Desinfektionswirkung III 657.
— Nachweis III 90.
Atemwiderstand, Messung III 80.
Atmometer I 643.
— nach Piche I 643.
— — Wild I 643.
Atmosphäre, physikalische Untersuchungsmethoden I 589.
Atmung, Untersuchung bei Erregung und Ermüdung III 370.
Atmungsspielraum III 479.
Atome I 243.
Atomgewicht I 248.
Atomgewichte, Mantissen ihrer Logarithmen I 349.
Ätzkalk, Desinfektionswirkung III 654.
Aufbrauchkrankheit III 601.
Aufwuchsziffer als Maßstab für die Bevölkerungsentwicklung I 114.
Aufziehapparat nach Müller I 1005.
Augenkreis des Okulars I 204.
Augenlinse des Okulars I 204.
Aurin III 145.
Ausdehnungsgefäß III 273.

Ausflockung I 344.
Ausflußmengen aus kreisförmigen Öffnungen in Sekundenlitern, Tabelle I 990.
Ausgangsfälle III 694.
Ausgangsmaterial, Verdünnung des I 362.
Auskochen, Wirkung auf Bakterien III 643.
Auslassungen I 11.
Auslese I 542.
— künstliche I 543.
Ausreuter II 107.
Aussalzen I 274.
Außentemperatur III 235.
Austern, Untersuchung II 719.
Austrittspupille des Okulars I 204.
Austrocknung, Wirkung auf Keime III 637.
Auswechselzange I 232.
Ausziehstock I 1077.
Autanverfahren nach Eichengrün III 665.
Autoinfektion I 463, III 517.
Autoklav I 402, III 644.
Autolyse I 450.
— exogene I 451.
Avitaminosen II 22.
Avogadro, Gesetz von II 51.
Azetaldehyd, Nachweis III 89.
Azeton, Nachweis III 89.
Azetylen, Nachweis III 91.
— Vorsichtsmaßregeln beim Arbeiten mit I 285.
Azidität I 328.
— aktuelle oder wahre I 320, 328.
— Maß der aktuellen I 329.
Azidimetrie I 319.
Azimutfehler I 227.
Azofarbstoffreaktion zum Nachweis der Phenole III 93.
Azolithmin als Indikator I 326.

B.

Babobleche I 281.
Bacillol III 659.
Bac. abortus Bang III 563.
— anthracis III 526.
Bac. botulinus III 532.
— conjunctivitidis Koch-Weeks III 566.
— der Mäuseseptikämie III 567.
— enteritidis Breslau III 547.
— — Gärtner III 547.
— influenzae III 563.
— lactis aërogenes III 550.
— melitensis III 561.
— mesentericus II 171.
— pneumoniae Friedländer III 554.
— pneumosintes III 564.
— Preiß-Nocardscher II 703.
— proteus im Wasser I 939.
— Proteus III 534.
— proteus X_{19}, III 534, 616.
— pseudotuberculosis rodentium III 555, 580.
— — ovium III 580.
— pyocyaneus III 534.
— Schmitz III 553.
— typhi abdominalis III 535.
Bac. viscosus II 171.
Backpulver II 251, 254.
— Beurteilung II 259.
— Ermittlung und Bestimmung der gesamten Kohlensäure II 256.
— — — — — wirksamen Kohlensäure II 257.
— — — — des gesamten Bikarbonatgehaltes II 257.
— — — — — im Überschuß vorhandenen Bikarbonates II 258.
— — — — — kohlensauren Kalkes II 258.
— — — — — wirksamen Kohlendioxydes usw. II 256.
— Prüfung auf Phosphate, Sulfate, Aluminiumverbindungen, Kalium, Natrium II 255.
— Triebkraft II 259.
— verbotene Stoffe im II 254.
— Untersuchung II 255.
— — auf Weinsäure und weinsaure Salze II 255.
— — — Zitronen-, Milch-, Oxalsäure, Brechweinstein II 255.
Backwaren, künstliches Färben von II 182.
Bact. coli III 550.
— — imperfectum I940.
— — im Wasser I 939.
— Coryne- I 356.
— cyprinicida II 716.
— enteritidis sporogenes im Wasser I 939.
— pestis astaci II 718.
— phytophthorum App. II 205.
— salmonicida II 716.
— tularense III 561.
Bacteriaceen, Chlamydo- I 356.
— Desmo- I 356.
Bacteriophagum intestinale I 450.
Badeanlage in Schulen III 392.
Badewasser, Desinfektion I 1065.
Bakterien 355.
Bakterienfiltration I 386.
Bakterien grampositive I 377.
—, gramnegative I 377.
— als Indikator fäkaler Verunreinigung des Wassers I 939.
—, Myko- I 356.
Bakterienniveau I 413.
Bakterienpräzipitine II 745.
Bakterien, Tricho- I 356.
—, Wuchsformen der I 356.
Bakterienharpune I 439.
Bakterizider Plattenversuch I 518, 519.
Bakteriolyse im Reagenzglas I 519.
Bakteriolysine I 515, II 745.
Bakteriotropine I 521.
Bakteriotropine, Nachweis der I 522.
Bakterizider Wert III 629.
Balantidium coli III 604.
Balata III 141.
Bananen II 239.
Bandamacis II 335.
Banden, Haupt- I 178.
—, Neben- I 178.

Bandrowski-Base III 54.
Bangert-Bauweise III 310.
Barchent III 4.
Barium, gesundheitliche Schädigung durch III 139.
— Nachweis III 139.
Barograph I 615, 625.
Barometer, Ablesung des I 618.
— Aneroid- I 615, 624.
— Ballon- I 615, 616.
— Fortinsches I 615.
— Fueßsches Stations- I 615, 616.
— Gefäß- I 615.
— Gefäßheber- I 615, 617.
— Heber- I 615.
— Kappellers Stations- I 615, 616.
— Metall- I 615.
— Mollenkopfsches I 615, 617.
Barometerstände, Umrechnung auf 0° C. I 621.
Barometer, Thermo- II 75.
— Quecksilber- I 615.
— Wild-Fueßsches Normal- I 615.
Barometerstand und Temperatur des siedenden Wassers III 648.
Barometrischer Gradient I 627.
Barsiekow-Lösung I II 691.
— — II II 691.
Barsiekow-Nährboden II 690.
Barytlauge, Einrichtung zu Filtration der I 697.
Barytwasser, Vorratsflasche für I 695.
Baryum vgl. Barium.
Basen I 247.
Basophilie III 81.
Bataten II 209.
Batiststückchenmethode III 635.
Bauästhetik III 294.
Bauchumfang, Messung III 480.
Baugrund III 300.
Baumaterialien, mechanische u. chemische Prüfungen III 319.
— Untersuchung der III 315.
Baumwolle III 4.
— Unterscheidung von Leinen III 9.
— — — Hanf, Jute III 9.
Bauplatz III 300.
Baupolitik III 294.
Baustoffe III 307.
Bauwich III 296.
Bazillen I 356, III 526.
— des Gasödems (malignen Ödems) III 531.
— der hämorrhagischen Septikämie III 555.
— schleimbildende III 554.
Bazillenträger III 544, 569.
Bebauung, Bestimmung der Dichtigkeit III 325.
Bebauungsmöglichkeit derselben Straßenlänge mit versch. vielen Häusern III 297.
Bebauungsplan III 293.
Beerenfrüchte s. a. Obst II 237.
Beerenobst II 239.
Befruchtung, selektive III 705.
Begabtenklasse III 503.
Beggiatoa alba I 356, 1087.
Behaglichkeitsfeld III 211.
Behaglichkeitslinie III 211.
Behausungsziffer III 326.
Beidhändigkeit, genuine III 421.
Beifuß II 218.
Beißbeere II 338.
Beleuchtung, Allgemein- III 196.
— Anforderungen an eine hygienisch einwandfreie künstliche III 159.
— Arbeits- III 70, 196.
— direkte III 177.
— Einheit der III 158.
— erforderliche in verschiedenen Räumen III 159.
— der Fläche III 156.
— Gefahren der III 179.
— Grundsätze für die Begutachtung III 194.
— halbindirekte III 177.
— indirekte III 177.
— in Krankenhäusern III 194.
— — Schreibstuben III 196.
— — Schulen III 195.
— — Werkstätten und Fabriken III 196.
— mittlere III 158.
— Platz- III 196.
— richtige beim Mikroskopieren I 239.
— Verkehrs- III 70, 196.
— der Wohnräume III 194.
— Zusatz- III 196.
Beleuchtungsapparat I 218.
Beleuchtungsarten, Verbrennungsprodukte, Wärmeentwicklung usw. verschiedener III 178.
Beleuchtungsfrage, Leitsätze für eine gesetzliche Regelung III 196.
Beleuchtungsprüfer nach Thorner III 192.
— nach Wingen III 172.
Beleuchtungsstärke, Messung mittels einer durchlässigen mattierten Milchglasplatte III 165.
Beleuchtung, Untersuchung der künstlichen III 159.
— Untersuchung von Arbeitsplätzen mit Tageslicht III 179.
— Verbrauch, Wärme-, Kohlensäure- usw. Produktion für eine Hefnerkerze III 201.
Belichtung, Begutachtung in fertigen Gebäuden III 186.
— der Schulen III 181.
— der Wohnräume III 182.
Belliersche Probe zur Unterscheidung von Samenkernen II 246.
Benöbelung I 1061.
Benzol, Nachweis III 91.
Beobachtungsergebnisse, Rechnerische Verarbeitung I 21.
Beobachtungsfehler I 23.
— Berechnung I 25.
Beregnungsvorrichtungen I 1061.
Beriberi-Krankheit II 100.
„Berolina", Desinfektionsapparat III 664.
Bertholletia excelsa II 241.

Berthelotsche Bombe II 82.
Berufsberatung III 437.
Berufseignung, Fragebogen zur Beurteilung der III 438.
Beschläge ohne Metallkorn I 289.
Besiedelungsdichtigkeit III 326.
Besonnungsverhältnisse eines Hauses, Bestimmung III 324.
Beta vulgaris L. II 209.
— — rapacea alba und rubra II 209.
— altissima II 209.
Betonbau III 310.
Betonhohlstein nach Fuchs III 310.
Beugung, selektive I 228.
Beulenbrand II 104.
Beulenkrankheit der Barben II 716.
Bevölkerung I 98, I 663.
— biologische Registrierung III 709.
— fortgeschriebene I 100.
— Gesamt-, Zerlegung der I 100.
— Gliederung der Stadt- und Land- nach Alter und Geschlecht in Preußen I 105.
— Gliederung nach Altersklassen I 105.
— mittlere I 99.
— ortsanwesende I 99.
— rechtliche I 99.
Bevölkerungsbewegung, fortlaufende direkte Aufzeichnung der natürlichen I 100.
Bevölkerungsdichtigkeit I 101.
Bevölkerungspolitische Grundziffer I 114.
Bevölkerung, Umschichtung des Aufbaues I 100.
— Unterscheidung zwischen Stadt- und Landbevölkerung I 101.
— Wohn-, ständige I 99.
Bewegungsstudien bei Ermüdung III 382.
Bewölkungsziffer I 664.
Bezugsachsen, Maßstab für die I 50.
Bezugssysteme I 42.
Bienenhonig II 313, s. auch Honig.
Bier II 406.
— alkoholfreies II 417.
— Bestimmung der Alkalien II 411.
— — — Benzoesäure II 412.
— — — Borsäure II 412.
— — — Fluorverbindungen II 412.
— — — Kohlenhydrate II 410.
— — — Mineralbestandteile II 411.
— — — Phosphorsäure II 411.
— — — Säure II 410.
— — — Salizylsäure II 412.
— — — schwefligen Säure II 411.
— — des Alkohols II 408.
— — — Extraktes II 408.
— — — Glyzerins II 412.
— — — spez. Gewichtes II 407.
— — — Stickstoffes II 411.
— — — ursprünglichen Extraktgehaltes der Würze und des Vergärungsgrades II 408.
— — von Formaldehyd II 412.
— — — Schwefelsäure und Chlor II 411.
— Beurteilung II 415.
— mikroskopische Prüfung II 414.
Bier, Nachweis künstlicher Süßstoffe II 412.
— — von Hopfensurrogaten, Bitterstoffen, Alkaloiden II 413.
— — — Metallen II 414.
— — — stattgefundenem Pasteurisieren II 414.
— — — Süßholz II 412.
— — — Teerfarben II 413.
— Prüfung auf Neutralisationsmittel II 413.
— Tabelle zur Ermittelung des Alkoholgehaltes II 419.
Biere, Endvergärungsgrad II 410.
— Nährwert II 406.
— Zusammensetzung verschiedener II 409.
Bierhefe II 251.
Bierwürze als Nährboden I 432.
Bikarbonat-, -Hydrokarbonatkohlensäure I 889.
Bikarbonatkohlensäure, Bestimmung I 889.
Bild, Farb- I 220.
Bildhebung I 215, 238.
Bild, Struktur- I 220.
„bile salt“ I 943.
Bilharzia III 627.
Bindung, Doppel- oder mehrfache I 247.
Binokularer Tubusaufsatz I 234.
Bi- oder Mutarotation I 190.
Biogene III 352.
Bio-Oxydation I 1086.
Bioskopische Methode nach M. Neißer I 446.
Biotonus III 353.
Birkenreizker II 221.
— Giftwirkung II 223.
Birmabohnen II 121.
Birnen II 238.
— als Nährbodenzusatz I 432.
Bittere II 440.
Bitters Chinablau-Malachitgrün-Agar II 686.
Bizeps, Untersuchung der Resistenz mit dem Gildemeisterschen ballistischen Elastometer III 369.
Björklundsche Ätherprobe II 391.
B-Klasse III 503.
Blasenwurm III 528.
Blastomykosen III 590.
Blastomyzeten I 356.
Blätterschwammarten III 347.
Blattern III 618.
Blattgewürze II 218.
Blausäure für Ungezieferbekämpfung III 676.
Blautäubling II 221.
Blei III 114.
Bleidämpfe, Nachweis III 122.
Blei, Giftigkeit gelöster Bleisalze III 114.
— Kolorimetrische Bestimmungsmethoden III 118.
Bleikolorit III 81.
Blei, Nachweis bei Emails und Glasuren von Geschirren III 117.
— Nachweis bei Legierungen nach Merl III 117.

Blei, Nachweis bei stark bleihaltigen Legierungen von Art des Letternmetalles usw. III 119.
— — durch Adsorption durch Filterkerzen I 861.
— — — titrimetrisches Verfahren III 122.
Bleinachweis, gewichtsanalytische Bestimmung I 861.
— jodometrische Bestimmung I 861.
— kolorimetrische Bestimmung I 861.
Blei, Nachweis kleinster Mengen III 120.
Bleinachweis, quantitative Bestimmung I 861.
Blei, qualitativer Nachweis im Wasser I 860.
Bleisalze, Desinfektionswirkung III 652.
Bleisaum III 81.
Bleivergiftung III 81.
Bleivergiftungen durch Trinkwasser I 859.
Blende, Apertur- I 220.
— Iris- I 220.
— Leuchtfeld- I 221.
— Stern- I 223.
— Tischiris- I 220.
— Zylinder- I 220.
Blitze I 661.
Bloßscher Fragebogen III 428, 430.
Blumenkohl II 216.
Blut, Untersuchung I 490, III 362.
Blutalkaliagar nach Dieudonné III 586.
— — — Modifikation nach Esch III 586.
Blutausstrichpräparat I 490.
Blut, defibriniertes I 492.
Blutdruckmeßapparat Modell Braun-Katz III 365.
— — Recklinghausen III 365.
— — Riva-Rocci III 365.
Blutdruckmessungen zum Nachweis von Erregung und Ermüdung III 364.
Blutdruck, mittlerer systolischer, in mm Hg III 366.
— vor und nach der Arbeit III 367.
Blütenhonige II 314.
Blutentnahmeapparat I 492.
Blutentnahme, Saugapparat zur I 493.
— aus der Karotis, sterile II 763.
— von der Leiche I 494.
Blutflagellaten III 604.
Blutgruppen beim Menschen I 534.
Blutnachweis, forensischer II 746.
Blutorangen II 238.
Blutserumgewinnung I 429.
— Glaskapillaren zur I 492.
Blutsverwandtschaft der Eltern III 705.
Bluttransfusion I 534.
Blutuntersuchungen zum Nachweis von Erregung und Ermüdung III 362.
Boden als Ansteckungsquelle I 569.
Boden als Rieselfeld, Anforderungen an einen I 799.
— Ammoniakbestimmung nach Schlösing I 791.
Bodenanalyse, mechanische I 752.
— mineralogische I 758.
Boden, Bestimmung der Durchlässigkeit für Wasser nach E. Wolf I 767.
— — — Durchlüftungsfähigkeit I 783.
— — — Keimzahl I 795.
— — — spezifischen Wärme I 785.
— — — wasserführenden Schicht nach Flügge I 767.
— — des spez. Gewichtes I 759.
— — — Wärmeleitungsvermögens I 787.
— — — Wassergehaltes I 791.
— Beurteilung als Baugrund I 799.
— — — Friedhof I 799.
— — durch Besichtigung an Ort und Stelle I 798.
— Durchlässigkeit für Wasser I 766.
— Fein- I 753.
Bodenfeuchtigkeit als Ursache der Wohnfeuchtigkeit III 301.
— Bestimmung I 771.
Bodenfiltration, intermittierende I 1060.
Boden, Filtrationsfähigkeit I 768.
— Feststellung der Oberflächengestaltung I 748.
Boden, Gesamthohlraum I 762.
— gewachsener I 750.
Bodengewicht I 759.
Boden, kapillares Aufsaugungsvermögen I 765.
— Keimgehalt I 768.
Bodenkolloide, Bestimmung der I 789.
Boden, Kondensationsvermögen I 780.
— Kultur- I 748.
Bodenluft I 780, III 301.
— Bewegung der I 784.
Boden, Messung der Adsorption I 782.
— — — Wärmeabsorption I 786.
— Natur- I 748.
Bodenprofil I 776.
Bodensatzprobe nach A. F. W. Schimper II 149.
Boden, scheinbares spez. Gewicht I 759.
— Selbstreinigung I 794.
Bodenskelett I 753.
Bodenteilchen, Einteilung der feinen I 757.
Boden, Untersuchung auf organische Substanzen I 792.
Bodenuntersuchung, chemische I 790.
Boden, Untersuchung des Untergrundes I 749.
Bodenuntersuchung, physikalische I 759.
— mikrobiologische I 794.
Boden, Untersuchungsmethoden I 747.
— Volumgewicht I 759.
Bodenwärme I 784, III 302.
— Quellen der I 788.
Boden, wasserführender Horizont I 766.
— wasserführende Schicht I 766.
Bodo putrinus I 1087.
Boehnckes Impfstoff III 553.
Bohnen II 119, 217.
Bohnenkäfer II 122.
Bohnenkraut II 218.
Bohnen, unreife Puff- II 217.
— Salat- II 217.
— Sau- II 217.

Bohnen, Schnitt- II 217.
Bohrer für bakteriologische Bodenproben I 751.
— Röhren- I 751.
— Teller- I 751.
Boletus edulis II 220.
— felleus II 221.
— granulatus II 220.
— lupinus II 221.
— satanas II 221.
— scaber II 220.
Bolometer I 667, III 231.
Bombyx mori III 6.
Bonbons II 307.
Borago officinalis II 218.
Borax, Desinfektionswirkung III 655.
Boraxmethylenblaulösung nach Manson I 376.
Boraxperle I 289.
Boretsch II 218.
Böse Wetter I 628.
Bosmina coregoni I 1088.
Botulinusbazillen III 532.
Botulismus II 707, III 532.
— epidemiologische Erforschung III 533.
Branntweine II 424.
— Bestandteile II 426.
— Bestimmung des Alkoholgehaltes II 426.
— spez. Gewicht II 426.
— Bestimmung der höheren Alkohole, des Fuselöls II 429.
— — — — — nach B. Roese II 430.
— — — — — — Komarowsky-Kreis-v. Fellenberg II 431.
— — des Gesamtesters II 432.
— — — Aldehyds II 431.
— — von Dulzin II 437.
— Bestimmung von Extrakt und Asche II 427.
— Beurteilung II 437.
— Nachweis der Gesamtsäure II 427.
— — — ätherischen Öle II 429.
— — von Blausäure II 427.
— — — Branntweinschärfen, Bitterstoffen II 428.
— — — von Furfurol II 432.
— — — Vergällungsmitteln II 432.
— Prüfung auf Azeton II 433.
— — — Borsäure im Eierweinbrand II 429.
— — — Farbstoffe II 429.
— — — freie Mineralsäure II 427.
— — — Methylalkohol II 433.
— — — Pyridinbasen II 435.
— — — typische Riechstoffe nach K. Micko II 436.
— — — Zucker, Stärkesirup II 428.
— — von Eierweinbrand, Eierlikör auf Eisubstanz usw. II 428.
— Verunreinigungskoeffizient, Lusson-Girard-Zahl II 432.
Brassica oleracea II 214, 216.
— rapa teltowiensis II 209.
Brätling II 220.
Braunkohl II 215.
Brauselimonaden II 292.
— Untersuchung auf künstliche Aromastoffe II 292.
— — — Mineralsäuren II 292.
— — — saponinhaltige Schaumerzeugungsmittel II 293.
— — — Schwermetalle II 292.
— — — Zitronensäure, Weinsäure II 292.
Brechdurchfall und Wohnung III 291.
Brenneraufsätze I 279.
Brenner, „Date"-Bunsen- I 278.
— durchgeschlagener I 279.
— für Gebläseflammen I 278.
— Längs- I 278.
— mit Drahtverschluß I 265.
— Petroleum- I 280.
— Ring- I 278.
— Schnitt- I 278.
— Spiral- I 278.
— Spiritus- I 280.
Brennmaterial III 256.
Brennstoffe III 280.
— Bestimmung des Aschengehaltes III 281.
— — — Gas- und Koksgehaltes III 281.
— grobe Feuchtigkeit fester III 281.
Breslauer-Desinfektionsapparat III 661.
Britanniametall III 127.
Brom III 83.
— Desinfektionswirkung III 656.
Brombeere II 239.
Bromdämpfe, Nachweis nach Guareschi III 85.
Bromwasserstoffsäure, Desinfektionswirkung III 653.
Bronchialtröpfchen I 737.
— Nachweis I 738.
— Zahl der verschleuderten I 739.
— Schwebedauer I 739.
Bronzetrichterapparat für Membranfilter I 393.
Brot II 169.
— Abbacken der Kruste II 171.
— äußere Beschaffenheit II 180.
— als Nährboden I 432.
— Altbackenwerden II 170.
— Aschengehalt II 181.
— Auftreten von Wasserstreifen II 171.
— Bestimmung der löslichen Kohlehydrate, des Zuckers und Dextrins II 176.
— — des Fettes, Rohfettes II 175.
— — — Säuregehaltes II 176.
— — — spez. Gewichtes des porenfreien Brotes II 172.
— — — — — porenhaltigen Brotes II 172.
— — — Wassers II 173.
— — der Mineralwasserbestandteile, der Asche, des Kochsalzes II 174.
— — — — — porenfreien Trockensubstanz II 172.
— Beurteilung II 180.

Brot, blaufleckiges II 170.
— chemische und mikroskopische Prüfung II 173.
— fadenziehendes II 170.
Brotfehler II 171.
Brotfrüchte, Brotgetreide II 97.
Brot, größere Blasen im II 171.
— Hefe zum Backen von II 182.
— klitschige Kruste II 171.
— Kreidekrankheit des II 170.
— Krümeln der Krume II 171.
— lösliche Kohlehydrate im II 170.
— mikroskopische Untersuchung II 177.
— Mineralstoffe im II 169.
— mittlere prozentische Zusammensetzung von Weizen- und Roggen- II 169.
— Nachweis von Alaun II 175.
— Nachweis von Kartoffeln und deren Erzeugnisse II 178.
— Nachweis von Kornrade, Rhinantussamen, Brandsporen II 177.
— Nachweis von Mutterkorn II 177.
— — — Seife im Zwieback II 177.
— physikalische Prüfung II 172.
— Rogina- II 182.
— Risse auf der Kruste II 171.
— rötliche Färbung II 171.
— rotfleckiges (Blutigwerden) II 170.
— Säuregehalt II 169, 181.
— Sauerteig zur Brotbereitung II 182.
— Schimmeln des II 170.
— Springen des 171.
— Trockenvolumen des II 172.
— Untersuchung II 171.
— Veränderungen beim Aufbewahren II 170.
— Verhältnis von Rinde zur Krume II 173.
— Verwendung anderer Fette als Butterfett II 182.
— — fremder Mehle und Stoffe II 181.
— Vollkorn- II 169.
— Wasseraufnahmefähigkeit II 173.
— Wassergehalt II 169, 181.
Brownsche Molekularbewegung I 362.
Bruchus rufimanus Sch. II 122.
— Pisi L. I 122.
— Lentis I 122.
Brünellen II 239.
Brunnen, Abyssinier- I 829.
— artesische I 806.
Brunnendeckung I 827.
Brunnen, Desinfektion I 842.
— Einsteigen in den I 828.
— Emscher- III 299.
— Ergiebigkeitsgesetze I 984.
— Kessel- I 829.
Brunnenkranz I 827.
Brunnenkresse II 219.
Brunnen, Lauf- I 826.
— mit freiem Grundwasserspiegel I 984.
— mit gespanntem Spiegel I 984.
— nächste Umgebung I 826.
Brunnenöffnung I 828.
Brunnenordnungen I 829.
Brunnen, Röhren- I 829.
— Schacht- I 829.
Brunnenschacht I 828.
Brunnenschacht, Abdecken des I 827.
Brunnen, Schutzschicht I 828.
— Schutzzone I 829.
Brunnentrog I 827.
Brunnen, Wirkungsweise eines Versuchsbrunnens auf seine Umgebung I 988.
— Zieh- I 826.
Brustumfang, Messung III 479.
Brutapparate I 405.
Brutschrank, Wärmereguliervorrichtungen I 407.
Bubonen, venerische III 595.
Bubonenpest III 595.
Büchsenkonserven II 224.
— Beurteilung II 233.
Buchstaben, Dicke der III 495.
Buchstabenstreichungsmethode z. Nachweis von Erregung u. Ermüdung III 386.
Buchweizen II 101.
Buchweizenmehl II 131.
Buchweizenstärke II 131.
Büffelseuche III 555.
Bullinus III 627.
Bunsenbrenner I 277.
Büretten I 145.
— hahnlose I 147.
Bürette, Stand- I 309.
Burschenheime III 312.
Burtamehl II 120.
Butter II 622.
— abnorme Färbung II 623.
— abnorme Konsistenz II 623.
— Anwesenheit von giftigen und chemisch differenten Stoffen II 624.
— aufgefrischte II 648.
— Begriffsbestimmung II 647.
— Bestimmung des Wassergehaltes II 649.
— Beurteilung II 648.
— Dauer- II 648.
— Fälschungen II 649.
Butterfett II 648.
Butter, frische II 648.
— gesalzene II 648.
— Geschmack II 623.
— Infektionsgefahr II 624.
— Koch- II 648.
— Kunst- II 648.
— mikroskopische Untersuchung II 649.
— Minderwertigkeit II 649.
— Molken- II 647.
— Nachweis der Gesamtmenge des wasserfreien Nichtfettes II 650.
— — — Mineralbestandteile II 650.
— — — Trübstoffe II 650.
— — des Fettgehaltes II 650.
— — — Milchzuckergehaltes II 650.
— — fremder Fette II 650.
— Natur- II 648.
Butteröl II 622, 648.
Butter, Pflanzen- II 648.
— -Refraktometer II 631.
Butterschmalz II 648.

Butter, Süßrahm- II 647.
— Talgig- u. Ranzigwerden II 649.
— Untersuchung II 649.
— Verdorbenheit II 649.
— Vorbruch- II 647.
Butyrometer, Präzisions- II 559.
Buwa-Apparat für Membranfilter I 394.

C.

Cadmiumchlorid, Desinfektionswirkung III 652.
Calandra granaria II 106.
Calcaria chlorata III 656.
Calcium, gewichtsanalytische Bestimmung I 879.
— hypochlorosum, Desinfektionswirkung III 656.
— maßanalytische Bestimmung nach Mohr I 880.
Calemeter I 637.
Callendaregistrator I 668.
Candle-Turbidimeter I 849.
Cannabis sativa III 5.
Cantharellus aurantiacus II 221.
— cibarius II 221.
Carbonyle, Nachweis III 87.
Carcellampe III 158.
Carchesium lachmanni I 1087.
Cassavabrot II 159.
Castanea-Arten II 241.
Castellanischer Absorptionsversuch I 530, III 544, 587.
Cecidomya destructor II 106.
Cephalothicium roseum II 122.
Cephenomyia II 699.
Cer-, Thor- und Zirkonsalze, Desinfektionswirkung III 652.
Ceratium hirundinella I 1088.
Chaeromyces maeandriformis Vitt. II 224.
Chagassche Krankheit III 604.
Champignon II 220.
Champignonkennzeichnende Reaktion nach M. Loewy II 232.
Chara-Species I 1088.
Chemische Fällung I 273.
— Formel I 246.
— Laboratoriumstechnik, allgemeine I 256.
— Methoden I 255.
— Namengebung I 244.
— Operationen, wichtigsten I 265.
— Prozesse I 250.
— und physikalisch-chemische Methoden I 243.
Chemotaxis I 445.
Chemotherapie III 666.
Chenopodium album II 219.
— quinoa II 102.
Cherry-Brandy II 440.
Chinagrasfaser III 5.
Chilodon cucullulus I 1087.
Chirol III 672.
Chirosoter III 672.
Chladophora glomerata I 1088.
Chlamydobakteriaceen I 356.
Chlamydomonas I 1087.
Chlamydothrix ochracea I 1088.
Chlamydozoen I 386.
Chloramin III 669.
Chlor, Bestimmung bei Stoffwechselanalysen nach A. Neumann II 58.
— — im wäßrigen Aschenauszug durch Wägung als Chlorsilber II 58.
Chlorbindungsvermögen des Wassers, Bestimmung I 930.
Chlor, Desinfektionswirkung III 656.
Chloride, Bestimmung durch $AgNO_3$-Lösung I 313.
— Nachweis im Wasser I 912.
Chlorkalk, Desinfektionswirkung III 656.
Chlorkalkmilch III 656.
Chlorkapazität oder Chlorzahl des Wassers, Bestimmung I 930.
Chlorkohlenoxyd, Nachweis III 85.
Chlor, Nachweis im Wasser I 957.
— — — — durch jodometrische Titration I 957.
— — — — — Titration mit arseniger Säure I 957.
— — mittels Orthotolidin III 83.
Chlornatrium II 360.
Chloroform als Desinfektionsmittel III 658.
— Nachweis III 89.
Chlorops taeniopus II 106.
Chlorwasserstoffsäure, Desinfektionswirkung III 653.
Chlorzerstörungsapparat I 1038.
Chlorzink, Desinfektionswirkung III 652.
Cholera asiatica III 584.
Choleraähnliche Vibrionen III 585.
Choleradiarrhöe III 585.
Cholera, Para- III 585.
Cholerarot-Nitroso-Indol-Reaktion III 587.
Cholerauntersuchungskasten nach Otto III 586.
Choleravibrio III 584.
Choleravibrio, Nachweis im Wasser III 588.
Choleravibrio, Züchtung III 586.
Choleval, antiseptische Wirkung III 652.
Cholin, Reizwirkung III 354.
Chonohämatokriten I 306.
Chromatische Abweichung I 213.
— Differenz der sphärischen Abweichung I 213.
— — — Vergrößerung I 214.
Chrom, gesundheitliche Schädigung III 138.
Chromgrün III 138.
Chromozyklograph III 382.
Chrom, maßanalytischer Nachweis III 138.
— qualitativer Nachweis III 138.
— quantitativer Nachweis III 138.
Chromsalze, desinfizierende Wirkung III 652.
Chronograph III 390.
Chronoisothermen I 612.
Chronoskop nach Hipp III 390.
— nach R. Schulze III 390.
Chrysophlyctis endobiotica Schill. II 205.
Cibeben II 247.

Cicatricula II 712.
Cichorium Endivii II 218.
Citellus beecheyi III 555.
Citrus Aurantium II 238.
— Limosum Risso II 238.
— medica Risso II 238.
Cladosporium II 105, 122.
Cladothrix II 105, I 356.
— dichotoma I 356, 1087.
Clarksche Seifenlösung I 883.
Classic Radiatoren III 278.
Clavaria aurea II 221.
— botrytis II 221.
Claviceps purpurea Tulasne II 105.
Cloesporium Lindenmuthianum II 122.
Clayton-Apparat III 660.
Clerget-Herzfeldsche Formel II 611.
Coccidien II 699.
Coccobazillus Perez III 554.
Cochenille als Indikator I 327.
Cochlearia armoracia L. II 209.
Coenurus cerebralis II 699.
Color II 448.
Colostrum II 523.
Colpidium colpoda I 1087.
Coniophora cerebella III 347.
Conium maculatum II 218.
Conorrhinus megistus III 604.
Conradis Pikrinsäure-Brillantgrün-Agar II 686.
Cornflake II 99.
Cornutin II 105.
Coryllus avellana II 241.
Corynebakterien I 355.
Coulomb I 172.
Craker Jack II 99.
Crêmeeise II 291.
Crêmepulver II 163.
Cremometer II 552.
Crenothrix I 356.
Cresolum, Desinfektionswirkung III 658.
— crudum III 658.
— liquefactum III 658.
Cucumis sativus II 217.
— melo L. II 217.
Cucurbita Pepo L. II 217.
Culex-Mücke III 613.
Cuprex III 677.
Curculis granarius II 106.
Curcumapapier als Indikator I 327.
Cyanochin I 362.
Cydonia vulgaris II 238.
Cynara Scolymus L. II 216.
Cysticercus tenuicollis II 699.
— cellulosae II 670.
— inermis II 670.

D.

Dächer III 305.
Dampf, strömender, Wirkung auf Bakterien III 643.
— gespannter, Wirkung auf Bakterien III 643.
— gesättigter, Wirkung auf Bakterien III 643.
Dampf, überhitzter, Wirkung auf Bakterien III 644.
Dampfdesinfektionsanstalt III 647.
Dampfdesinfektionsapparat, Bedienung III 646.
— von Lümkemann III 645.
Dampfheizungen III 276.
Dampfkochtopf I 401.
Dampftopf nach Koch III 643.
Danysz-Effekt I 511.
Därme, Pferde-, biologische Untersuchung II 803.
Darmflagellaten III 604.
Darmpatronen I 496.
Darmschmarotzer III 625.
Dasselfliege II 699.
Datteln II 239.
Daucus carota II 209
Dauerausscheider I 463, III 545.
Dauerberieselung I 473.
Dauerformen I 355, 444.
Dauerinfusion I 473.
Deckglastaster I 216.
Dekantieren I 269.
Dermagummit III 672.
Dermatol III 138.
Desinfektion der Hände I 579.
— — — — Ahlfeld III 672.
— — — nach Fürbringer III 672.
— — — — Gocht III 672.
— — — — Herff III 672.
— — — — v. Mikulicz III 672.
— — — — Schumburg III 672.
— innere III 666.
— laufende III 667.
— Schluß- III 667.
Desinfektionsapparat nach Rubner III 644.
— ovaler mit Dampfmantel usw. III 646.
— runder mit Dampfmantel usw. III 647.
Desinfektionsapparate, Prüfung III 648.
Desinfektionsmittel, Anforderungen an ein chemisches III 650.
— chemische III 650.
— Forderungen für die Prüfung III 636.
Desinfektionsofen nach Thursfield III 645.
Desinfektionsverfahren nach Hammerl III 666.
— praktische Anwendung III 666.
Desinfektionsversuch, bakteriologischer III 650.
Desinfektionswirkung spezifische und halbspezifische III 630.
Desinfizientien, gasförmige III 659.
— physikalische III 637.
— Summationswirkung III 637.
Desinfizierender Wert III 629.
Desmobacteriaceen I 356.
Destillation I 274.
— fraktionierte I 275.
Destillationsaufsatz I 275.
Destillation, Vakuum-, I 274, 276.
Destillierapparat I 274.
Deszendenztafel III 695.

Dezimalwage für Laboratoriumstiere I 482.
Diagramm, Flächen- I 59.
— Säulen- I 59.
— Stab- I 59.
Dialyse I 396.
— Kompensations- I 345.
Dialysierapparat I 272.
Diaphanometer I 847, 849.
Diaptomus graciloides I 1088.
Diastase II 582.
Dibothriocephalus latus II 716, III 625.
Dichte I 148.
Dickenmengen I 18.
Dicke, optische I 178.
Dick-Reaktion III 623.
Dicker Tropfen-Präparat I 491, III 609.
Dicrocoelium lanceolatum II 699.
Differenzbestimmungen I 303.
Differentialkurve I 65.
Differentialmanometer nach Recknagel III 214.
Diffraktionssäume I 241.
Difflugia acuminata I 1088.
Diffusion I 345.
Digestorium I 578.
Digitoninmethode II 645.
Diktatschreiben nach Sikorski-Höfner III 383.
Dill II 218.
Dimerie, dominant-regressive III 707.
Dinitrophenolnatrium-Präparat III 350.
Diphtheriebazillen III 569.
Diphtherie, epidemiologische Erforschung III, 575.
— Wund- III 569.
Diphtheroide Stäbchen III 574.
Diplobazillus Morax-Axenfeld III 566.
Diploc. catarrhalis III 524.
— crassus III 524.
— intracellularis meningitidis III 523.
— lanceolatus pneumoniae III 518.
Disperse Phase I 253.
Dispersitätsgrad I 252.
Dispersoid I 253.
Disposition, örtliche I 561.
Dissoziation, elektrolytische I 251.
— hydrolytische I 251.
Dissoziationsgrad I 328.
Dissoziationsrest I 328.
Distomum isostomum II 718.
Divergenzkoeffizient I 82.
Doehlesche Zelleinschlüsse I 386.
Domestikation als disponierendes Moment für Rachitis III 292.
Dominanz, unregelmäßige III 703.
Dominanzwechsel nach dem Geschlecht III 704.
Doppellogarithmenpapier I 53.
Doppelzählungen I 11.
Dörrgemüse II 224.
Dörrobst II 238, 247.
Dörr- und Büchsengemüse, chemische Untersuchung II 225.
— — — Bestimmung der Asche II 226.
Dörr- und Büchsengemüse, Bestimmung der freien Säure in der Konservenflüssigkeit II 226.
— — — — — wasserlöslichen Stoffe II 225.
— — — Nachweis von Blei II 229.
— — — — — Borsäure II 227.
— — — — — Konservierungsmitteln II 226.
— — — — — Kupfer II 227.
— — — — — — nach G. Stein II 227.
— — — — — — — H. Serger II 228.
— — — — — Nickel II 229.
— — — — — Salizylsäure und Benzoesäure II 226.
— — — — — schwefliger Säure II 227.
— — — — — Schwermetallen II 227.
— — — — — Teerfarbstoffen und anderen Farbstoffen II 229.
— — — — — Zink II 229.
— — — — — Zinn nach Kerp II 229.
— — — — — Zucker im Büchsengemüse, Zuckererbsen II 229.
— — — Trockensubstanzbestimmung II 225.
Dosis certe letalis I 469.
— letalis minima I 469.
Doryphora decemlineata II 206.
Dragées II 307.
Drahtglocke I 488.
Drainwasser, Ergebnis der Untersuchung I 1035.
Drehling II 221.
Drehung, spezifische oder molekulare I 189.
Dreiminutenprobe I 1010, 1023, 1024.
Dreissensia polymorpha I 1088.
Dreiwortmethode zum Nachweis von Erregung und Ermüdung III 388.
Dretsche I 1081.
Drigalski-Conradi-Nährboden II 686.
Drigalski-Schalen I 436.
Drigalski-Spatel II 434.
Druck in Büchern usw. III 495.
Druckbestimmungen von Flüssigkeiten oder Gasen I 155.
Druckdifferenz und Luftgeschwindigkeit, Beziehung zwischen III 209.
Drucklibelle nach Toepler III 214.
Druckpunkte nach Blix III 404.
Druckschrift, Prüfung III 495.
Drucksteigerungen, Wirkung auf Bakterien III 639.
Druckverhältnisse eines Hauses III 207,
Drusen III 589.
Drüsenpest III 555.
Dulcin, Nachweis nach J. Bellier II 325.
— — — A. Jorissen II 324.
— — — Thoms u. Nettesheim II 324.
Dunkelfeld I 361.
Dunkelfeldbeleuchtung I 221.
— Einstellung I 227.
— farbiges I 228.
Dunkelfeldkondensor, Zentrierung I 224.
Durchgangszone I 772.

Durchschnittsalter I 106.
Durchschnittswerte, typische I 30.
— nichttypische I 30.
Durchschuß oder Zeilenzwischenraum III 495.
Durchsichtigkeitsgrad, Schriftprobe zur Feststellung I 1070.
Dynamograph von Henry III 397.
— — Lehmann III 396.
Dynamometer nach Regnier-Collin-Charrière III 400.
— — Sternberg III 400.
— — Ullmann III 400.
Dynamometerversuche zum Nachweis von Erregung und Ermüdung III 400.
Dynamometerwert, Beziehung zwischen Geschlecht und III 422.
— — — Lebensalter und III 422.
Dystropie I 70.

E.

Ebonit III 141.
Echinokokkus III 628.
Eichung der Meßgefäße I 310.
Eier als Nährbodenzusatz I 431.
— Alter der II 714.
— angebrütete II 714.
— angezogener Geruch der II 715.
— bakteriell zersetzte II 715.
Eiereiweiß, Unterscheidung auf biologischem Wege II 804.
Eier, Fleck- II 714.
Eiergraupen II 183.
Eier, Hühner-, Nährwert II 17.
Eier, Kalk- II 714.
— Konservierung II 713.
— Kühlhaus- II 714.
Eierlikör II 441.
Eier, mit Blut oder anderen Fremdkörpern im Innern II 714.
Eiernudeln II 189.
Eierschwamm II 221.
Eier, Untersuchung II 712.
— — durch Beklopfen II 713.
— — — Besichtigung II 713.
— — — Feststellung des spez. Gewichtes II 713.
— — — Durchleuchtung (Klärung) II 713.
— — — Geruchsprobe II 713.
— — — Schütteln II 713.
— Wasserglas- II 714.
— Wind- oder Fließ- II 714.
Eigelb in Teigwaren, biologische Untersuchung II 805.
Eigenbewegung I 445.
Eigenschaftsanalyse, entwicklungsgeschichtliche III 692.
Eignungsprüfungen III 437.
Einatmungsversuche I 584.
Eindampfen I 273.
Einer III 425.
Einbettung, Schnell- I 372.
Einfach-Logarithmenpapier I 53.
Einfallswinkel III 180.
Einrohrsystem III 274.
Einschlußkörperchen I 386, III 617.
Eintauchrefraktometer II 547.
— nach Pulfrich I 194.
Eintrittspforte I 468, 573.
Eintrittspforten, Schutzmaßnahmen an den I 586.
Eintrittspupille des Mikroskops I 212.
Einzelfüllungsmittel I 274.
Eis, Begutachtung von I 960.
Eiscreme II 613.
Eise, halbgefrorene II 291.
Eisenalgen I 868.
Eisenbakterien I 868.
Eisenchloridprobe zum Nachweis der Phenole III 93.
Eisen, desinfizierende Wirkung III 651.
Eisengehalt, Gruppierung der Wässer nach ihrem I 869.
Eisen, Grundwasser- I 869.
Eisenlicht, Wirkung auf Bakterien III 639.
Eisenöfen III 259, 265.
Eisen, maßanalytische Bestimmung I 872.
— qualitativer Nachweis im Wasser I 871.
— quantitative Bestimmung I 872.
— Rohr- I 869.
Eisensalze, Desinfektionswirkung III 652.
Eisensteinsche Formel II 644.
Eiskühler I 937.
Eisschrank I 412.
Eiweiß, artfremdes I 504.
Eiweißbilanz II 47.
Eiweißkörper, biologische Wertigkeit verschiedener II 11.
Eiweiß, körperfremdes I 504.
Eiweißkörper, Fütterungsversuche mit reinen II 11.
Eiweißminimum, Bestimmung bei einer bestimmten Eiweißnahrung II 49.
— hygienisches II 12.
— physiologisches II 9.
Eiweiß, quantitative Bestimmung II 63.
Ektotoxine I 447.
Elastometer, ballistisches III 370.
Elektrisches Bogenlicht, Wirkung auf Bakterien III 639.
Elektrische Energie, Grundfaktoren I 172.
— Heizung III 257.
— Leitung, Einheit der I 172.
— Methoden I 171.
— Ströme und Entladungen, Wirkung auf Bakterien III 639.
Elektrischer Strom, fließender I 172.
— Wärmespeicherofen III 258.
Elektrizitätsmenge, Einheit I 172.
Elektrizität, negative I 172.
— positive I 172.
— statische I 172.
Elektrolyte, amphotere I 252.
— negative I 252.
— positive I 252.
Elektrolytische Zerlegung I 244.
Elektrometer I 173.
— Kapillar- von Lippmann I 175.

Elektrometer, Benndorfsches Quadranten- I 673.
— Thomsons Quadranten- I 173.
Elektromotorische Kraft, Einheit der I 172.
Elektronen I 244.
Elektroosmose I 254.
Elektroskop I 172, 673.
Elementarkörperchen I 386.
Elemente I 243.
Element, Normal- I 176.
— Leclanché- I 176.
Emanation, gasförmige, Prüfung auf Bakterien III 639.
Emanationsgehalt der atmosphärischen Luft I 675.
Emissionsspektra I 289.
Empfänglichkeit, Art- I 464.
— des Organismus I 468.
— individuelle I 574.
Empfindungskreise III 405.
Emulsion I 253.
Encephalitis saturnina III 354.
Endiviensalat II 219.
Endomyces fibuliger II 170.
Endotoxine I 447.
Energieumsatz, Bestimmung durch Kalorimetrie II 87.
— — mittels der kalorischen Koëffizienten II 87.
— — durch Berechnung aus den resorbierten Nährstoffen II 88.
Englische Kerze III 158.
Entamoeba coli III 603.
Enteisenungsanlage I 869.
Entelechie III 691.
Enterococcus III 517.
Entfärbung von Flüssigkeiten I 273.
Enthaarungsmittel I 473.
Entkalkungsverfahren I 373.
Entlausung, Ausführung der III 677, 685.
Entnahmeapparat, Stock- I 1006.
Entwesung der Wohnräume III 677.
Entwicklungsgeschichtliche Eigenschaftsanalyse III 692.
Entwicklungshemmender Wert III 629.
Entwicklungshemmung III 629.
— Prüfung auf III 630.
Enzyme I 250, 449.
Ephestia Kühniella II 106.
Epidemie, Darstellung des zeitlichen Verlaufes I 559.
— gleichzeitige Darstellung örtlicher und zeitlicher Verhältnisse einer I 560.
— örtliche Verteilung der Fälle I 560.
Epidemiologie, deduktive I 97, 558.
— experimentelle I 97.
— induktive I 97.
Epidemiologische Untersuchungen I 553.
Epiphyten I 462.
Erbeinheiten, Koppelung von III 711.
— Häufigkeit der einzelnen beteiligten III 707.
Erbgang, dominant-geschlechtsgebundener III 703.
Erbgang, rezessiv-geschlechtsgebundener III 704.
Erblichkeit, Feststellung im allgemeinen III 695.
Erblichkeitsforschung, Methoden der menschlichen III 689.
Erblichkeitsziffer III 721.
Erbsen II 119.
— Brockel- II 217.
— grüne II 217.
— Kneifel- II 217.
— Mark- II 217.
— Pahl- II 217.
— Schal- II 217.
Erbsenkäfer II 122.
Erdalkalien, qualitativer Nachweis im Wasser I 879.
— quantitativer Nachweis im Wasser I 879.
Erdbeeren II 239.
Erdbohrer I 795.
Erdeicheln II 241.
Erdnüsse II 241.
Erdstürze, Erdfälle I 806.
Ereignisse, Berechnung der erwartungsmäßigen I 108.
Erethismus mercurialis III 354.
Ergaltung II 524.
Ergograph nach Dubois III 396.
— — Lehmann III 396.
— — Lombard III 396.
— — Mosso III 396.
— — Patrici III 396.
— — Treves III 396.
— — C. Tigerstedt III 396.
Ergotinin II 105.
Ergotinsäure II 105.
Ergotoxin II 105.
Erhaltungsumsatz II 2.
Erhitzen auf der Kohle mit dem Lötrohr I 288.
Erhitzung bei chemischen Operationen I 277.
Erholungsfürsorge III 504.
Erholungsvermögen, Ermittelung nach Simonson III 374.
Eristalis tenax I 1087.
Erisyphe II 104.
Erkrankungshäufigkeit I 120.
Erkrankungsstatistik I 118.
Erkrankungstage I 559.
Ermüdbarkeit III 352.
Ermüdender Einfluß des Schulunterrichts III 412.
Ermüdung III 352.
— von Bergarbeitern, Enquotentabelle III 432.
— Herabsetzung des Hörvermögens durch III 403.
— Funktionelle Augenmuskelschwäche als Zeichen von III 403.
— Methoden zum Nachweis von III 360.
— normale, unnormale, kumulative III 436.
— schwellenvergrößernde Wirkung der III 410.

Ermüdung beim Taylorsystem III 431.
— Theorien über das Wesen der III 356.
Ermüdungsgifte III 359.
Ermüdungskurve III 385.
Ermüdungsnachweis aus dem Verhalten von Sinnesorganen III 401.
— bei Beteiligung des Auges III 401.
— — — — Ohres III 403.
— — — der Haut III 404.
— durch Erkennung von kontinuierlichen u. diskontinuierlichen Linien III 403.
— — kolorimetrische Prüfung III 403.
— — Prüfung der Akkomodation III 401.
— — — des Augenmaßes III 402.
Ermüdungsnystagmus III 403.
Ermüdungsstoffe III 357.
Ermüdungsvorgänge III 357.
Ermüdung, Ursache III 356.
— Zeichen der III 380.
Ernährung II 1.
— Art der Ernährung und Größe des Einkommens II 31.
— des Erwachsenen im Stoffwechselversuch II 41.
— — Säuglings im Stoffwechselversuch II 44.
— einseitige II 29.
— Energiebedarf bei verschiedenen Arbeitsleistungen II 5.
— — des Erwachsenen II 2.
— — — Kindes II 6.
— Leistungszuwachs II 4.
— Methoden zur sozialhygienischen und statistischen Untersuchung der II 30.
Ernährungsfläche II 20.
Ernährungslehre, hygienische Methoden zur allgemeinen II 1.
Ernährungsphysiologie und -hygiene, experimentelle Methoden II 41.
Ernährungssystem nach v. Pirquet II 20.
— — — — Beurteilung II 22.
Ernährungszustandsindex II 21, III 481.
Erregbarkeit III 352.
Erregung und Ermüdung in Beziehung zu Reizen und Selbststeuerung III 352.
— — — Nachweis III 360.
— — — — durch physiologische Methoden III 361.
— — — — — Aktionsströme III 361.
— — — — — Anwendung des Plethysmographen III 368.
— — — — — Bewegungsstudien III 382.
— — — — — Blutmessungen III 364.
— — — — — Blutuntersuchungen III 362.
— — — — — Härte und Resistenz der Muskeln III 369.
— — — — — Muskeltonus III 368.
— — — — — Pulsuntersuchung III 368.
— — — — Untersuchung der Atmung III 370.
— — — — — — des Harnes III 380.
— — — — — — der Sehnenreflexe III 381.
Erregung und Ermüdung, Nachweis durch psychologische Methoden III 383.
— — — — — das Sikorski-Hopfnersche Diktatschreiben III 383.
— — — — — die Buchstabenstreichungsmethode III 386.
— — — — — die Dreiwortmethode III 388.
— — — — — das Kombinationsverfahren von Ebbinghaus III 386.
— — — — — die Merkfähigkeit für Figuren III 389.
— — — — — die Merkfähigkeit für Gegenstände oder Wörter III 389.
— — — — — die Rechenmethode III 383.
— — — — — das Verfahren von Jaensch III 387.
— — — — — das Wortassoziationsverfahren III 388.
— — — — — physiologisch-psychologische Methoden III 389.
— — — durch Methoden zum Ermüdungsnachweis aus dem Verhalten von Sinnesorganen III 401.
— — — Nachweis von allgemeiner durch Ermüdung hervorgerufene Muskelruhe III 401.
— — — — durch Methoden, bei denen es sich um Zug-, Druck- usw. der Hand handelt III 394.
— — — — — Reaktionszeitbestimmungen III 390.
— — — in Beziehung z. Unfall u. Leistungsfähigkeit III 424.
— — — Theoretische Betrachtungen üb. d. Ursache d. Größenverschiedenheit der Raumschwellen im Zustande der III 415.
— Theorien über das Wesen der III 355.
Ersatzbauweisen III 308.
Ersatzmittel und Fälschung, Grundsätzliche Beurteilung II 38.
Ersatzverfahren II 21.
Erythrasma III 590.
Erythrozyten, Adsorptionshülle der III 363.
Essig II 350.
— Begriffsbestimmung II 357.
— Bestimmung der Asche usw. II 351.
— — — Säure II 351.
— — des Extraktgehaltes II 351.
— — — Glyzerins II 352.
— — — Zuckers und des zuckerfreien Extraktes II 351.
— — von Alkohol II 352.
— Beurteilung II 356.
— Ermittlung der Abstammung II 355.
Essigessenz II 350, 359.
Essiggemüse II 224.
— Aufbewahrung II 225.
Essig, Prüfung auf Aldehyd und ketonartige Stoffe II 353.
— — — Ameisensäure II 354.
— — — Azeton II 353.

Essig, Prüfung auf Formaldehyd II 353.
— — — freie Mineralsäuren und Bestimmung dieser II 351.
— — — Konservierungsmittel II 355.
— — — Phenole II 355.
— — — Pyridin II 355.
— — — Methylalkohol II 353.
— — — scharfschmeckende Stoffe II 352.
— mikroskopische Untersuchung II 355.
— Nachweis der Gesamtweinsäure II 352.
— — — Teerstoffe II 355.
— — giftiger Stoffe II 352.
— — von Oxalsäure II 352.
— — — Proteinstoffen, Dextrin II 355.
Essigsäure, Desinfektionswirkung III 653.
— Nachweis III 89.
Essigsäureserum, Gewinnung II 546.
Essig, spez. Gewicht II 351.
Essigstich II 446.
Ester I 250.
Esterifizierung I 250.
Estragon II 218.
Eugenoform, Desinfektionswirkung III 658.
Euglena viridis I 1087.
Eukapnie III 13.
Exkursionsbreite III 479.
Explosionen im Laboratorium I 581.
Exponentialpapier I 53.
Exposition I 574.
Exsikkator I 267.
Exsudate I 494.
Extraktionsapparate I 266.
Extraktionsapparat nach Soxhlet II 64.
Extraktgehalt aus dem spezifischen Gewicht, Tafel zur Ermittelung des II 295.
— Ermittelung aus dem spez. Gewichte des aufgefüllten Destillationsrückstandes II 515.
Extrakt, Kontrolle III 597.
— Lues-Leber- III 596.
— Normalorgan- III 596.
Extrapolation I 32, 66, 100.
Extremitäten, größter Umfang III 480.
Eijkmansche Probe zum Nachweis der Phenole III 92.

F.

Fabrikgase, Konzentration III 202.
Fadenpilze I 356, III 589.
Fadenräume III 10.
Fadenreaktion I 527.
Fagopyrum esculentum L. II 101.
Fahrstrahl I 47.
Fallapparat nach Hipp III 589.
Familien III 327.
Familienanthropologie III 694.
Familiengeschichte III 693.
Familiengeschichtliches Material, Gewinnung III 692.
Familienkunde III 694.
Farad I 173.
Farben, chemischer Nachweis III 144.
— für Anstrich von Fußböden, Decken usw. III 147.
— — Buch- und Steindruck III 146.
Farben für kosmetische Mittel III 146.
— — Oblaten III 147.
— — Spielwaren III 146.
— — Tapeten, Möbelstoffe, Teppiche usw. III 147.
Farbenhelle, Bestimmung der III 147.
Farben, Mineral- III 144.
Farbenskala nach Forel I 847.
— — Forel und Elle I 1079.
Farbentafel nach Morres II 576.
Farben, Tusch- III 147.
— unorganische III 144.
— verbotene, zum Färben von Nahrungs-Genußmittel- und Gebrauchsgegenständen III 144.
Farbgesetz III 145.
Farbgrad F I 337.
Fallapparat nach Hipp III 391.
Fällungsmethoden I 313.
Fällungsmittel I 274.
Fällungsverfahren I 1052.
Farbbild I 220.
Färbedauer I 368.
Färbeverfahren, spezielle I 376.
Färbgestell I 370.
Färbmittel, spezielle I 376.
Anilinwasserfuchsin I 376.
Gentianaviolett I 376.
Karbolgentianaviolett I 376.
Löfflers alkalische Methylenblaulösung I 376.
Mansons Boraxmethylenblaulösung I 376.
Ziehlsches Karbolfuchsin I 376.
— und Färbverfahren, Spezielle I 376.
Farbreaktionen der Mikroben I 446.
Farbstifte I 371.
Farbstoffbildung der Mikroben I 447.
Farbstoffe, saure I 366.
— Teer- III 145.
Farbtrog I 370.
Färbung angetrockneter Präparate I 364.
— Chromatin- nach Romanowsky I 382.
— nach Gaffky u. H. Bitter III 555.
— — Giemsa I 382.
— — Gins III 572.
— — Gram I 377.
— — Kliewe III 591.
— — H. Kossel III 555.
— — Langer I 378.
— — May-Grünwald I 382.
— — Neisser III 571.
— — Pappenheim I 367.
— — Unna-Pappenheim I 379.
Färbungen, Rot- von säurefesten Bakterien I 380.
— — nach Konrich I 381.
— — — Pappenheim I 381.
— — — Ziehl-Neelsen I 380.
Färbung säurefester Bakterien und Sporen I 379.
Färbungen, Violett- von säurefesten Bakterien I 380.
— — nach Herman und Caan I 380.
— Violett- nach Much I 380.

Färbungen, Violett- nach R. Koch I 380.
Färbung, vitale I 364.
— von Geißeln I 383.
— — — nach Löffler I 383.
— — — — Peppler I 383.
— — — — Zettnow I 384.
— — Kapseln I 382.
— — — nach Johne I 383.
— — — — Klett I 383.
— — — — Olt I 383.
— Polkörnchen- I 368, 382.
— von Schnitten mit Eisenalaun-Hämatoxylin I 381.
— — Sporen nach E. Fränkel I 381.
— — — — H. Buchner I 381.
— — — — Möller I 381.
Farnsteinersche Tabelle II 267.
Fasciola hepatica II 699.
Fasernfänger I 1050.
Faulkammerflüssigkeit, Ergebnis der Untersuchung I 1032.
Faulkammern I 1054.
Fäulnis I 454.
Fäulnisprobe nach Spitta I 446.
— — W. Eber II 701.
Fäulnisprodukte, Nachweis im Wasser durch Grießsche Reaktion I 930.
Faulverfahren I 1054.
Fauth-Sorau-Bauweise III 309.
Favus III 589.
Feder, Haltung der III 497.
Federhaltung nach Wetekamp III 497.
Federsche Verhältniszahl II 742.
Federwagenmuskeltest nach Martin III 369.
Fehler der kleinen Zahl I 80.
— durchschnittlicher I 25.
— konstante I 24.
— Korrektur der I 25.
— mittlerer III 715.
— — quadratischer I 31.
Fehlerquellen bei Erscheinungen der Variabilität I 544.
— objektive I 24.
— subjektive I 24.
Fehlerrelation I 82.
Fehler, systematische I 24.
— wahrscheinlicher I 25.
— zufällige I 23.
Fehlgeburten I 102.
Fehlingsche Kupferlösung II 139.
Feigen II 239.
Feinerde I 753.
A. W. Feldprüfer III 80.
Feldsalat II 219.
Fench II 100.
Fenchel II 332.
Fennich II 100.
Fensterlüftung III 217.
Fensterlüftungssystem III 218.
Fensterschrein I 604.
Fenster in Wohnungen III 314.
Ferienkolonien III 504.
Ferienspiele III 505.
Fermente I 250, 449.
Fermentwirkung I 255.
Fernheizungen III 280.
Ferrisalze, Nachweis im Wasser I 871.
— — — — mit Ferrozyankalium I 871.
— — — — — Rhodanammonium I 871.
Ferrosalze, Nachweis im Wasser I 871.
— — — — mit Ferrizyankalium I 871.
— — — — — Hämatoxylin I 871.
— — — — — Natriumsulfid nach Klut I 871.
Fette, Bestimmung der A-Zahl und B-Zahl II 642.
— — — Bromzahl II 644.
— — — Farnsteinerschen Zahl II 641.
— — — Hehnerschen Zahl II 641.
— — — Jodzahl II 643.
— — — Oxydationszahl nach Issoglio II 635.
— — — Polenske-Zahl II 641.
— — — Reichert-Meißlschen Zahl II 639.
— — — Thermozahl (Verfahren nach Maumené) II 644.
— — — Verseifungszahl (Köttstorfersche Zahl) II 639.
— chemische Untersuchungsmethoden II 634.
— Erkennung von Pflanzen- durch Phytosterinnachweis II 645.
— Nachweis der Arachinsäure durch fraktionierte Fällung nach Kreis u. Roth II 646.
— — pflanzlicher Samenöle durch Belliers Reaktion II 646.
— — von Sesamöl II 646.
— — — Baumwollsamenöl nach Halphen II 646.
— — — Mandelöl II 647.
— — — — nach Bieber II 647.
— — — — — Maben II 647.
— — — Ranzigkeit II 635.
— polarimetrische Untersuchung II 633.
— Prüfung auf Alkali- und Erdalkalihydroxyde und -karbonate II 637.
— — — Benzoesäure und Benzoate II 637.
— — — Borsäure und Borate II 637.
— — — Fluorwasserstoff und Fluoride II 637.
— — — Formaldehyd II 636.
— — — fremde Farbstoffe II 638.
— — — Konservierungsmittel II 636.
— — — Salizylsäure II 636.
— — — schweflige Säure II 636.
— — — unverseifbare Stoffe II 637.
— quantitative Bestimmung II 63.
— Reaktionen auf Trane II 647.
— — — — nach Tortelli u. Jaffe II 647.
— — — — Hexa- u. Oktobromid-Probe II 647.
— refraktometrische Untersuchung II 631.
— Säurezahl, Säuregrad II 634.
— Speise- II 622.
— unappetitliche II 623.

Fette, Verdorbenheitsreaktion nach Kreis II 635.
Fettfleck, idealer III 161.
Fett, Gänse- II 654.
Fettgewebe, biologische Untersuchung II 802.
Fett, Kokosnuß- II 654.
— Kunstspeise- II 654.
— Palm- II 654.
— Palmkern- II 654.
— Pferde- II 654.
— Schweine- II 653.
Feuchtigkeit, absolute I 638.
— — Messung durch Wägung I 641.
— physiologische I 655.
— maximale I 638.
— spezifische I 639.
Feuchtigkeitsgehalt des Bodens III 302.
Feuchtigkeitssteighöhen für verschiedene Baustoffe III 316.
Feuerbeständigkeit der Baumaterialien, Prüfung auf III 319.
Feuerung, Kontrolle einer III 282.
Feuerungskontrolle III 280.
Ficus Carica II 239.
Fieber, undulierendes III 562.
Fichesche Reaktion II 317.
Fieberanfälle, ante- und postponierende III 609.
Filarien III 628.
Filsingersche Alkoholätherprobe II 391.
Filter, Asbest- von Seitz-Kreuznach II 767.
— Bakterien-, allgemeine Regeln für I 394.
— bakteriendichte I 272.
Filterbakterien I 948.
Filter, Berkefeldscher II 764.
— Blau- I 221.
— dauernde bakteriologische Kontrolle der I 950.
— Delbag-Viscin- III 226.
— Falten- I 271.
— Feststellung der Zurückhaltung der Bakterien in den verschiedenen Schichten I 951.
— gehärtete I 271.
— de Haensche Membran- I 393.
— Liliput- I 389.
Filterhaut I 949.
— Jewel- I 952.
Filterkontrolle, bakteriologische I 953.
Filter, Liliput- I 389.
— Maaßen- I 389.
— Membran- I 389.
Filterbetrieb, Störungen I 954.
Filter, Nordmeyer-Berkefeld- I 389.
— Pasteur-Chamberland- I 389.
— Pukall- I 389.
— Reichel- I 389.
— Reisert- I 952.
— Schutz- I 271.
Filterpapier I 270.
Filterpressen I 1052.
Filtersiebplatte I 272.
Filtertiegel I 272.
Filter, Ultra- I 272, 395.
— — Eichung der I 395.
— unzweckmäßiges Vorgehen bei der Reinigung des I 955.
— Weich- I 389.
— — nach Heim I 392.
— — — M. Knorr I 393.
Filterwiderstände, Vorrichtung zur Messung I 987.
Filter zur Reinigung der Ventilationsluft III 225.
Filterzylinder mit Siebkörper I 393.
Filtration I 270.
— durch Büchner-Trichter II 784.
— Groß- I 949.
Filtrationsapparat nach Uhlenhuth und Weidanz I 392.
Filtration, Hochdruck- I 395.
— Niederdruck- I 395.
Filtrationsgeschwindigkeit und -Druck, laufende Kontrolle I 953.
Filtration, Technik I 389.
— unter negativem Druck I 271.
Filtrierabfüllapparat mit Seitz-Filter II 768.
— nach Uhlenhuth und Weidanz II 764, 766.
Filtrierbare Vira I 357.
Filtrierhütchen aus einem Stück I 395.
Filtriervorrichtung bei Nährbodenbereitung I 423.
Finne, dünnhalsige II 699.
Finniges Fleisch, Übersicht über die Beurteilung II 673.
Firstventilation III 220.
Fische, bakteriologische Untersuchung II 717.
— Fäulnisvorgänge bei II 717.
— Krankheiten und Schmarotzer II 716.
— postmortale Veränderungen der II 717.
— schleierartige Trübung der Haut II 717.
Fischfleisch, biologische Untersuchung II 803.
Fischkonserven II 718.
Fische und Fischkonserven, gesundheitsschädliche physiologische Zustände der II 715.
Fische, Nährwert II 17.
Fischen von Kolonien I 439.
Fischvergiftung II 718.
Flachs III 4.
Flächenhelle III 157, 159.
— Einheit der III 159.
Flächenmaße I 19.
Flagellaten I 357.
Flammenbogenlampe III 155.
Flammenfärbungen I 289.
Flasche nach Schottmüller I 493.
Flaschenkorb I 1007.
Flatterformen I 451.
Fleckenkrankheit II 718.
Fleckfieber III 615.
Flecktyphus III 615.
Fleisch als Nährbodenzusatz I 431.

Fleischarten, Unterscheidung des Eiweißes der verschiedenen II 749.
Fleischbeschau II 664.
— außerordentliche II 661.
— Auslands- II 678.
Fleischbeschauer II 661.
Fleischbeschau, Ergänzungs- II 662.
Fleischbeschauer, Laien- II 662.
Fleischbeschau, bakteriologische II 665, 681.
— ordentliche II 661.
— und Schlachtviehbeschau, Verfügungen 662.
Fleisch, Bestimmung der Alkalität der Asche II 723.
— — des Extraktivstoffes des Bindegewebes und der Muskelfaser II 726.
— — der Herkunft des Fleisches II 727.
— — — Jodzahl nach Hübl II 727.
— — — Mineralbestandteile (Asche) II 723.
— — — stickstofffreien Extraktivstoffe II 726.
— — des Gesamtfettes (Ätherextrakt) II 724.
— — — Gesamtstickstoffes (Rohprotein) II 724.
— — — Leims im Fleischextrakte II 726.
— — — verdaulichen Eiweißes II 725.
— — — Wassergehaltes II 722.
— Beurteilung II 734.
— biologische Untersuchung nach Sachs-Georgi II 793.
— — — — Sachs-Guth II 795.
Fleischeiweiße verschiedener Tiere, Technik und Methodik der Unterscheidung auf biologischem Wege II 779.
Fleischfäulnis, Nachweis II 741.
Fleischkonserven, äußere Untersuchung II 710.
— bakteriologische Untersuchung II 712.
— Beobachtung und Bebrütung II 711.
— Untersuchung der eröffneten Dose II 711.
Fleisch, Nachweis von Farbstoffen II 741.
— Nährwert II 17.
— Reifung des II 700.
— Untersuchung von zubereitetem II 705.
Fleischvergifter, Ablesen der Platten II 688.
— Anlegung von anaëroben Kulturen II 688.
— Anreicherungsverfahren II 687.
— Bebrütungsdauer II 688.
— Bewertung des Ergebnisses der bakteriologischen Untersuchung II 693.
— Haltbarkeitsprobe nach M. Müller II 693.
— — — May II 694.
— Herstellungsvorschriften der Auslese-Nährböden II 686.
— — — Bestimmungsnährböden II 691.
— Nähere Bestimmung verdächtiger Kolonien II 690.
Fleischvergifter, serologische Prüfung II 692.
Fleischvergiftungen II 681, III 584.
— Anlegung von Kulturen auf Plattennährböden II 685.
— Probeentnahme und Versand II 684.
Fleischwaren, Nachweis eines Wasserzusatzes mittels der Federschen Verhältniszahl II 742.
Fleischwasser I 425.
Fleisch, Zubereitung II 27.
— Pferde-, Ausführung der biologischen Untersuchung auf II 781.
— Prüfung auf Alkali- und Erdalkalihydroxyde und -karbonate II 733.
— — — Aluminiumazetat II 734.
— — — Ameisensäure und deren Salze II 735.
— — — Benzoesäure und deren Salze II 735.
— — — — — — Benzoeaethylesterprobe nach A. Röhrig II 736.
— — — — — — qualitativer Nachweis nach K. Fischer u. O. Gruenert II 735.
— — — — — — Salizylsäureprobe nach K. Fischer u. O. Gruenert II 736.
— — — Borsäure und deren Salze II 728.
— — — chlorsaure Salze II 729.
— — — Fluorwasserstoff und dessen Salze II 730.
— — — Formaldehyd II 730.
— — — Kochsalz II 736.
— — — Natriumphosphat II 735.
— — — nicht durch Gesetz verbotene Zusätze II 734.
— — — Salizylsäure und deren Verbindungen II 731.
— — — Salpeter, qualitativer Nachweis II 737.
— — — — quantitativer Nachweis nach C. Paal u. G. Mehrtens II 738.
— — — — — — — Schlösing-Wagner-Stüber II 737.
— — — salpetrige Salze II 733.
— — — schweflige Säure und deren Salze, sowie unterschweflige Salze II 732.
— — — verbotene Zusätze II 728.
— Untersuchung auf die Gifte des B. botulinus II 707.
— — — Fäulnis II 707.
— — — Gesundheitsschädlichkeit II 706.
— — — graue oder graugrünliche Verfärbung II 708.
— — — Krankheitserreger II 706.
— — — saure Gärung II 707.
— — — Schimmelbildung II 708.
— — — tierische Schmarotzer II 706.
— — — Verdorbensein II 707.
— — — Verfälschung II 709.
Fleischmannsche Formel II 550.
Fliegen, Fernhaltung und Vernichtung I 585, III 678.
Fliegenpilz II 221.

Fliegenschwamm, Giftwirkung II 223.
Flimmerphotometer III 168.
Flimmerphotometrie III 168.
Flockungsreaktionen III 595.
Flohfallen III 559.
Flohindex III 559.
Floria-Larviol III 673.
— Insekticid III 673.
Fluchtgerechte Punkte I 50.
Flüsse, Selbstreinigung I 809.
Fluor, Desinfektionswirkung III 656.
Fluoritsysteme I 215.
Fluoroskop I 823.
Fluorwasserstoff, Nachweis III 85.
Flußsäure als Desinfektionsmittel III 653.
Flußterrassen im unteren Muldetal I 979.
Flußwasser, Temperaturveränderungen des in den Untergrund eindringenden I 975.
F. M.-Reaktion II 581.
„Focal infection" III 518.
Fokalwirkung bei Linsenfehlern I 212.
Fontaktoskop I 853.
Foot-Candle-Meter III 173.
Förderklasse III 503.
Formaldehyd, Bestimmung mittels Sulfitmethode III 657.
Formaldehyd als Desinfektionsmittel III 657.
Formaldehyddesinfektionsapparat nach Flügge III 661.
Formaldehyddesinfektion, apparatlose Verfahren III 665.
Formaldehyd, Nachweis III 88.
Formalin, als Desinfektionsmittel III 657.
Formalinbüchse I 1080.
Formalindesinfektionsapparat nach Czaplewski III 664.
— — Lingner III 662.
— — Proskauer-Elsner III 664.
Formalindesinfektionsverfahren III 660.
Formalin-Permanganatverfahren nach Evans und Russel III 665.
Formalinseife III 658.
Formangan (Schering) III 666.
Formel, empirische oder Brutto- I 246.
— Struktur- I 246.
— zur Berechnung des Luftbedarfs nach Kohlrausch III 203.
Formoltitration I 318.
Fourriersche Theorie III 233.
Fragaria vesca L. II 239.
Fraktionierung I 29.
Framboesie III 594.
Frauenschwamm II 220.
Frauentäubling II 221.
Freibank II 668.
Frigoapparat I 412.
Frigorimeter I 638.
Frischluftheizung III 271.
Frischwasserkläranlage, Berechnung von III 300.
Frischwasserverfahren I 1056.
Froehdes Reagens II 497.
Frösche als Genußmittel II 719.
Frostbeständigkeit der Baumaterialien, Prüfung auf III 319.
Frosttage I 611.
Fruchtbarkeitsziffer, allgemeine I 103.
— eheliche I 103.
Früchte, Bakterien in und an II 106.
Fruchteis II 291.
— Beurteilung II 291.
— Untersuchung II 291.
Früchte, kandierte II 307.
— Konservierung der II 247.
Fruchtmuse II 282.
Fruchtsäfte II 260.
— Alkoholbestimmung II 263.
— Bestimmung der Asche und Alkalität dieser II 264.
— — des Extraktes (des Wassers) II 266.
— — der flüchtigen Säure II 263.
— — — Gesamtsäuren II 263.
— — von Glyzerin II 266.
— — der Pektinstoffe II 266.
— — des spez. Gewichtes II 262.
— — — — — des entgeisteten Saftes II 262.
— — — Stickstoffes II 266.
— Beurteilung II 270.
— Gewinnung der II 261.
— Nachweis der Konservierungsmittel II 269.
— — fremder Farbstoffe II 270.
— — gesundheitsschädlicher Metalle 270.
— — von Apfelsäure II 270.
— — — Benzoesäure, Borsäure, Fluorwasserstoffsäure II 269.
— — — Salizylsäure II 269.
— — — schwefliger Säure II 269.
— — — Zimtsäure II 269.
— — — Zitronensäure II 270.
— — — Weinsäure II 269.
— totaler Extraktrest II 268.
— Untersuchung II 262.
— Verfälschungen II 262.
— Zusammensetzung II 261.
Fruchtschale II 102.
Fruchtsirupe II 271.
— Bestimmung der flüchtigen Säuren II 273.
— — — Gesamtsäure II 273.
— — — Mineralstoffe und der Alkalität dieser II 273.
— — des Alkoholgehaltes durch Destillation II 273.
— — — spez. Gewichtes der invertierten Lösung II 273.
— — — spez. Gewichtes der 10- oder 20%igen entgeisteten Lösung II 273.
— — von Wasser und Extrakt II 273.
— Beurteilung II 278.
— Herstellung II 272.
— — künstlicher Fruchtäther II 278.
— — und Bestimmung von Stärkesirup II 274.
— Nachweis der Stickstoffsubstanzen und Pektinstoffe II 277.

Fruchtsirupe, Nachweis, Bestimmung von Stärkesirup, quantitativ nach A. Juckenack u. A. Pasternack II 275.
— — — — qualitativ nach J. Fiehe II 274.
— — von Farbstoffen II 277.
— — — Konservierungsmitteln II 278.
— Polarisation vor und nach der Inversion II 274.
— spez. Gewicht der 10- oder 20%igen Lösung II 273.
— Untersuchung II 273.
— Verfälschungen II 273.
— Zuckerbestimmung durch Polarisation vor und nach der Inversion II 274.
— Zusammensetzung II 272.
Fruktosegehalt, Tafel zur Berechnung II 519.
Frühlingsknollenblätterpilz II 222.
Frühlorchel II 221.
Fuchsinprobe nach Böttger III 9.
Füllverfahren I 1057.
Fünftagefieber III 615.
Fundamentmauerwerk III 303.
Fürsorge, geschlossene III 504.
— offene III 504.
Fürsorgeeinrichtungen vorbeugender Art für die Schuljugend III 500.
Fütterungsversuch zur Untersuchung der biologischen Wertigkeit der Eiweißstoffe II 48.
Furunkulose der Forellen und Saiblinge II 716.
Fusarium roseum II 105.
— Spezies I 1087.
Fußböden III 305.
— Bestimmung der Wärmeableitung von III 323.
Fußmehl II 155.
Futter, Erhaltungs- II 524.
— für Versuchstiere I 479.
— Produktions- II 524.
Futterrübe, weiße und rote II 209.

G.

Gänsefuß, weißer II 219.
Gärkölbchen I 453.
Gärröhrchen I 453.
Gärung I 452.
Gärungsprobe nach Eijkman I 942.
Galle als Nährboden I 431.
Gallenpilz II 221.
Galvanometer I 175.
Gameten I 357, III 610.
Gang I 28.
Gartenlattich II 218.
Gasanalyse durch Absorption, Apparate zur I 686.
— — Verbrennung, Apparate zur I 686.
Gasanalysenapparat nach Haldane III 373.
Gasbomben I 286.
Gasbrandbazillus III 532.
Gasbrenner I 277.
Gasbüretten I 686.
Gasbürette nach Bunte I 690.
Gase, Apparate zur Bindung mit Chemikalien I 691.
Gase, im Wasser gelöste I 901.
Gasentwicklung I 452.
Gase, Vorsichtsmaßregeln beim Arbeiten mit stark verdichteten und verflüssigten I 286.
Gase, Vergleichstabelle über die narkotische Wirkung einiger giftiger III 84.
— — — — Schädlichkeit giftiger III 84.
Gasflamme, leuchtende I 279.
Gasheizöfen III 256.
Gasheizung III 256.
Gasinterferometer I 711.
Gaskette I 342.
Gasödembazillen III 531.
Gasöfen, Berechnung der Querschnitte für die Abzugsrohre von III 257.
Gaßners Dreifarbennährboden II 686.
Gas- und Wasserleitung im Laboratorium I 577.
Gaswaschflasche I 284.
Gaswechsel, Lungen- II 72.
— Untersuchung des respiratorischen III 372.
Gaudes II 99.
Gebäck, Wasser- II 170.
— Weizen- II 170.
Gebäudegrundriß III 310.
Gebläseflammen I 279.
Gebrauchsgegenstände, Untersuchung III 97.
Geburten I 102.
Geburtendefizit I 102.
Geburtenüberschuß I 102.
Geburten, uneheliche I 103.
Geburtenziffer, relative I 103.
Geflügelcholera II 700.
Geflügeldiphtherie II 700.
Geflügel, Fleischbeschau II 694.
Geflügelpocken II 700.
Gefrierfleisch, Untersuchung II 701.
Gefrierpunktserniedrigung I 346.
Gefrierverfahren zur Herstellung von Schnittpräparaten I 373.
Gelatine I 426.
Gelbfieber III 593.
Gelzustand I 253.
Gemüse II 202.
— Bestimmung der Stickstoffsubstanz II 203.
— — des Wassergehaltes II 203.
— — von Fett II 204.
— — — Mineralbestandteilen, Zucker, Stärke, Rohfaser II 204.
— Beurteilung III 219.
— Blatt- und Kohl- II 214.
— Blumen- II 216.
Gemüsedauerwaren, Untersuchung II 224.
Gemüse, Färbung der grünen II 233.
— Frucht- und Samen- II 217.
— — — Zusammensetzung II 218.
— Gewürz- II 218.
Gemüsekonserven, Beurteilung der II 233.

Gemüseportulak II 219.
Gemüse, Salat- II 228.
— Schoten- II 217.
— Sprossen- und Stengel- II 211.
— — — — Untersuchung des Saftes und Preßrückstandes II 212.
— — — — — der Trockensubstanz II 213.
—, Verfälschungen II 234.
Genealogie III 693.
Generationsdauer I 444.
Generationswechsel I 357.
Generatorgas III 679.
Genickstarre, epidemiologische Erforschung III 525.
Genius epidemicus I 563.
Geräte, „Winsil-" I 283.
Gerste II 98.
Gerstenspelzen II 129.
Gerstenstärke II 129.
„Gesamtumfang", Messung III 482.
Gesättigter Dampf von niedrigerem Siedepunkt, Wirkung auf Bakterien III 644.
Geschwistermethode von Weinberg III 697.
— Mängel der III 700.
Gesetz, betr. den Verkehr mit blei- und zinkhaltigen Gegenständen III 98.
— betr. die Verwendung gesundheitsschädlicher Farben usw. III 99.
— betr. Verkehr mit Nahrungsmitteln, Gebrauchsgegenständen usw. III 97.
— der großen Zahlen I 80.
— — Multipla I 508.
— — Spezifität I 499.
Gesundheitsbogen, -Paß III 501.
Gesundheitsschein III 502.
Getreide II 97.
— Anfeuchten und Netzen II 106.
— Bestimmung der Gesamtasche, Rohasche II 112.
— — des Hektolitergewichtes usw. II 110.
— — — Körnergewichtes II 110.
— — der Verunreinigungen, des Besatzes
— Beurteilung II 117.
—, chemische Prüfung II 111.
Getreidefliegen II 106.
Getreidehefe II 251.
Getreidekäfer, sägezahnartiger II 106.
Getreidekörner, Allgemeines über den Bau II 102.
— — — Mai-Rheinberger II 111.
— — — Thörner II 111.
Getreide, Krankheiten und Feinde II 104.
Getreidemotte II 106.
Getreide, Nachweis der künstlichen Färbung, von Talk, Speckstein II 115.
— — des Netzens, Anfeuchtens II 114.
— — des Ölens II 113.
— — und Bestimmung der Schwefelung, der schwefligen Säure II 114.
— Nachweis von ausgewachsenem II 117.
— — — Bleichromat II 115.
— — — Kurkumafarbstoff II 115.
— — — Pikrinsäure II 115.
Getreide, Nachweis von Teerfarbstoffen II 115.
Getreiderüsselkäfer II 106.
Getreideschmalkäfer II 106.
Getreide, tierische Feinde II 106.
Getreide, Untersuchung II 109.
— Verfälschungen und Verunreinigungen II 106.
— Wassergehaltsbestimmung nach Bode II 112.
— — — Fornet, Kühn II 111.
— — — Hoffmann u. Marienhagen usw. II. 111.
Gewässer, biologischer Zustand I 1084.
— Charakteristische Beispiel für Organismen saprober I 1087.
— die mesosaprobe Zone I 1085.
— — oligosaprobe Zone I 1085.
— — polysaprobe Zone I 1085.
— die verschiedenen Zonen der Verunreinigung I 1085.
— Grundregion I 1085.
— Region des freien Wassers I 1084.
— Selbstreinigung I 1086.
— Uferregion I 1084.
Gewässertyp, oligotropher I 1087.
— eutropher I 1087.
Gewebe, Untersuchung III 7.
Gewerbehygiene, Arten der Gesundheitsgefährdung III 66.
— Berechnung der erwartungsmäßigen Ereignisse III 64.
— Durchschnittsdauer der Krankheit III 66.
— Erkrankungsfälle III 66.
— geeignete Berufe bei Erkrankungen der Atmungsorgane III 68.
— — — — Herzkranken III 68.
— — — — Hilfsschülern III 68.
— — — — nervösen Störungen III 68.
— — — — schwächlichem Körperbau III 68.
— Krankheitswahrscheinlichkeit III 66.
— körperliche Eignung für bestimmte Berufe III 67.
— Morbidität III 66.
— Mortalität III 64.
— Standardberechnung III 64.
— ungeeignete Berufe bei Augenleiden III 67.
— — — — Eingeweidebrüchen III 67.
— — — — Erkrankungen der Atmungswege III 67.
— — — — Hautkrankheiten III 67.
— — — — Herzkrankheiten III 67.
— — — — nervösen Störungen III 67.
— — — — Ohrenleiden III 67.
— — — — Plattfüßen oder Krampfadern III 68.
— — — — schwächlichem Körperbau III 68.
— vergleichende Sterblichkeitszahl III 64.
Gewerbehygienische Untersuchungsmethoden III 63.
Gewichte, ausländische I 15.
— frühere deutsche I 15.

Gewicht, Perioden in der Zunahme III 472.
Gewichtsprozente I 249.
Gewichtssatz für Präzisionsbestimmungen I 135.
Gewitter I 675.
Gewürze II 329.
— Bestimmung der Mineralwasserbestandteile usw. II 330.
— — — Stärke usw. II 331.
— — des alkoholischen und ätherischen Extraktes II 330.
— — — Gehaltes an ätherischem Öl II 331.
— — — Wassergehaltes II 330.
— Gerbstoffbestimmung II 331.
— Grenzwerte für den Gehalt an Mineralbestandteilen usw. der gemahlenen und ganzen II 350.
Gewürznelken II 332.
Giemsa-Lösung I 367.
Giftgrünling II 221.
Giftmischling, Giftwirkung II 223.
Giftreizker II 221.
Giftstoffe der Mikroben I 447.
Giftwulstling II 221.
Gipsplatte I 936.
Glanz III 159.
Gläser, „Pyrex"- I 283.
Glasbehälter mit Schlitzvorrichtung I 483.
Glaserdiamant I 260.
Glasgeräte, Bezeichnung I 260.
Glashähne, Reinigung I 262.
Glas, Reinigung I 261, 262.
Glasröhren, Biegen von I 260.
— Löcher in I 261.
— Zusammensetzen I 261.
Glasrohre nach William I 726.
Glassachen, Trocknung von I 261.
Glas, Schneiden des I 260.
— Streusand gefärbter, Smalte, Untersuchung auf Arsen III 149.
Glatteis I 662.
Glaucoma scintillans I 1087.
Gleichungen, chemische I 248.
— Formel- I 248.
— Ionen- I 248.
„Globi" III 584.
Glockenmorchel II 221.
Glossina palpalis III 604.
— morsitans III 604.
Glucin, Nachweis II 325.
Glührörchen, Untersuchung im I 287.
Glühweinessenzen II 441.
Glukosegehalt, Ermittelung aus der gewogenen Kupferoxydmenge II 517.
— Tafel zur Berechnung II 520.
Glycine soja II 120.
Glyzerinagar I 428.
Gold, antibakterielle Wirkung III 651.
Goldbärentatze II 221.
Goldschwefel III 127.
Gomphonema olivaceum I 1087.
Gonokokken III 521.
Gonokokkeninfektionen, epidemiologische Erforschung III 522.
Gooch tiegel und seine Verwendung II 72.
Goussia Gadi II 717.
Grabenwässer auf Rieselfeldern, Ergebnis der Untersuchungen I 1036.
Gradierwerke I 1059.
Grammolekel I 249.
Gramsche Färbung, Abänderungsvorschriften I 379.
— — — nach Claudius I 379.
— — — — Deußen I 379.
— — — — Günther I 379.
— — — — Nicolle I 379.
— — — — Vierling I 379.
Granatenmethode III 633.
Graphische Ausgleichung I 63.
— Darstellungen I 41.
— — Anwendung I 41.
— — Aufgaben I 41.
— — Dreidimensionale I 42.
— — in der Ebene I 43.
— — Interpretation I 70.
— — lineare I 42.
— — Konstruktion bei der I 53.
— — Technische Hilfsmittel I 61.
Graterellus clavatus II 221.
Grauglut des strahlenden Körpers III 154.
Graupen II 119.
— Nachweis und Bestimmung von Talk, Speckstein II 116.
Grenzwerte I 11.
Grieße II 119.
Grieß-Illoswaysches Reagens II 147.
Griessches Reagens I 707.
Grießsche Reaktion I 930.
Grogessenzen II 441.
Größe, Bestimmung bei Kranken und Leichen III 478.
Große bunte Reihe III 536.
Größe vollerwachsener Männer verschiedenster Völker III 474.
Grubenkopf, breiter III 625.
Grubensystem III 299.
Gruber-Widalsche Reaktion I 531, III 543.
— — Bewertung I 533.
— — bei Cholera III 562.
— — bei Influenza III 565.
— — bei Maltafieber III 562.
— — bei Rotz III 569.
— — bei Ruhr III 553.
— — bei Typhus III 543.
— — bei Pest III 558.
Grünkernextrakte II 162.
Grünkohl II 215.
Grünling, eßbarer II 222.
Grüntäubling II 220.
Grundraum III 260.
Grundstücksliste III 328.
Grundwasser, Aufsuchung I 976.
— Bewegungserscheinungen I 979.
— Berechnung I 986.
Grundwassermenge, Berechnung I 986.
— Bestimmung der Durchlässigkeit aus der Bodenprobe I 987.

Grundwasser, Erzeugung von künstlichem durch Versickerung von Oberflächenwasser I 976.
— Fluß als Erzeuger von I 974.
Grundwassergeschwindigkeit, Bestimmung I 989.
Grundwassermengen, Messung I 990.
Grundwassermesser I 751.
Grundwasser, Messung der Fortbewegung I 773.
— Nachweis I 979.
— natürliche und künstliche Entstehung I 972.
— Spiegelmessung I 980.
Grundwasserstand I 774.
Grundwasserstand, Messung I 774.
Grundwasserspiegel, artesischer I 981.
— freier I 981.
— gespannter I 981.
— Höhenschichtenpläne in der Nähe eines Flußstaues I 983.
— Höhenschichtenplan I 980.
— Schwankungen I 982.
— Spannungszustände I 980.
— Störungen durch undurchlässige Einlagerungen I 982.
Grundwasserströme in der Umgebung von Leipzig I 978.
Grundwasser, Versorgung der Städte I 971.
Grundwasserversorgung, Entwicklung I 971.
Gruppenreagentien I 274, 290.
— Gang der Anwendung I 291.
Gruppenreaktionen I 500, III 544.
Grütze II 119.
Guarnierische Körperchen I 386, III 618.
Guignetsches Grün III 138.
Gummigutti III 145.
Gummihandschuhe I 586.
Gummi, Hart-, Weich- III 141.
— Patent- III 141.
Gummisachen, Aufbewahren von I 264.
Gurke II 217.
Gurken u. Cucurbitaceenfrüchte, Bestimmung des Zuckers II 217.
Guths Alizarinagar II 686.
Guttapercha III 141.
Gyromitra gigas II 221.
— (Helvella) esculenta II 221.

H.

Haarfärbemittel III 146.
Haarhygrometer, Diagramm für das I 657.
Haarpilze I 356.
Haar- u. Pelzfärbemittel als Ursache für Ekzeme III 54.
Habichtsschwamm II 221.
Habitus asthenicus III 487, 583.
— megalosplanchnicus (apoplecticus) III 487.
— microsplanchnicus (phthisicus) III 487.
— phthisicus III 583.
Hadern-Krankheit III 96.
Hafer II 99.
— Eigenschaft eines guten II 99
Haferflocken II 119, 162.
Hafermehl II 129.
Haferreis II 119.
Haferstärke II 130.
Hahnentritt II 712.
Hahnscher Apparat I 718.
Hahnschmiere I 262.
Hakenwurm III 626.
Halb-Logarithmenpapier I 53.
Halbschattenapparate, Einstellung des Gesichtsfeldes I 191.
— nach Laurent I 190.
— — Lippich I 190.
— — Mitscherlich I 190.
Halbseitenzwitter III 731.
Hallenbauten III 489.
Hallimasch II 220.
Halmfliege II 106.
Halogene, Desinfektionswirkung III 656.
Hanf III 5.
Hämagglutinine I 534.
Hämatoporphyrin, Nachweis III 82.
— — Vorprobe nach Günther III 83.
Hämodigestion I 449.
Hämoglobinopepsie I 449.
Hämolysine I 515.
Hämolytisches System I 537, III 597.
Hämometer nach v. Fleischl I 186.
Hämosporidien II 699.
Hämotoxine I 449.
Händedesinfektion I 588, III 670.
Händeuntersuchungskasten III 671.
Hantelmethode nach Weichardt zum Nachweis von Erregung und Ermüdung III 398.
Hantzschia amphioxys I 1087.
Haptophore Gruppe I 506.
Harn, Konservierung II 44.
Harn-Untersuchung bei körperlicher Betätigung III 380.
— bei sportlichen Leistungen III 380.
Härtebestimmungen, qualitative mit Neßlers Reagens I 883.
— quantitative mittels Seifenlösung nach Clark I 883.
Härtebestimmung, quantitative nach Blacher I 885.
— — — Boutron und Boudet I 885.
— — — Wartha-Pfeiffer I 887.
— — — L. W. Winkler I 887.
Härte, Karbonat- I 877.
— Gips- oder Sulfat- I 888, 897.
Härtegrade I 878.
— deutsche I 878.
— englische I 878.
— französische I 878.
— Kohlensäure- I 877.
— Nichtkarbonat- oder Mineralsäurehärte I 877.
— Zerlegung der Gesamthärte in ihre einzelnen Anteile I 887.
Haselnüsse II 241.
Hasenöhrchen II 221.
Hasenseuche II 700.
Hausaufgaben III 499.

Hausbau, Hoch- III 297.
Haushaltung III 327.
Hauskläranlagen III 299.
Hausratte III 559.
Hausschwamm III 347.
Hausschwammarten, Unterscheidung III 349.
Hausschwamm, Bekämpfung III 349.
Hausmachernudeln II 183.
Häute, sekundäre I 520.
Hautpest III 555.
Hauttemperatur I 614.
Hefe II 251.
Hefen I 356.
Hefepilze, pathogene III 590.
Hefe, Bestimmung der Gärkraft nach Hayduck-Kusserow II 253.
— — — — — Meißl II 252.
— — der Säure II 252.
— Beurteilung II 253.
— Gehalt an Wasser, Asche, Stickstoff II 252.
— obergärige II 251.
— Prüfung auf Bierhefe II 253.
— — — zugesetzte Stärke II 253.
— untergärige II 251.
— wilde II 251.
Hefnerkerze III 158.
Heft, Lage beim Schreiben III 497.
Hehnersche Zylinder I 185, 917.
Heidekorn II 101.
Heidel II 101.
Heidelbeeren II 239.
Heiden II 101.
Heißluftkanäle III 271.
Heißluftschrank III 642.
Heißwasserbereiter I 282.
Heißwasserheizung III 275.
Heizeinrichtung, Grundforderungen an eine III 228.
Heizflächen III 254.
Heizkammer III 270.
Heizkörper III 278.
Heizleistungstafel eisener Zimmeröfen III 260.
Heizperiode III 228.
Heizraum III 254.
Heizregel III 255.
Heizung III 228.
— elektrische I 282.
Heizungseinrichtungen III 253.
Heizung, voraussichtlicher Jahresbedarf einer III 282.
Hektolitergewicht II 110.
Helix pomatica II 719.
Hellersche Probe I 536.
Helligkeitsmesser nach v. Esmarch I 670.
Helligkeitsmessung, photoelektrische I 669.
Helligkeitsprüfer nach Wingen III 171.
Helminthosporium II 105.
Helosciadum nodiflorum II 219.
Hemmungszonen III 517.
Heparprobe I 289.
d'Herellesches Phänomen I 450.
Herrenpilz II 220.
Herrentäubling II 221.
Herzpunktion I 493.
Herzsche Formel II 531.
Hessenfliege II 106.
Hetsch-Nährboden II 690, 691.
Heubazillen II 171.
Hexamitus inflatus-Arten I 1087.
Heyrothscher Apparat I 460.
Hilfsschulen III 503.
Himbeeren II 239.
Himmelsflächenmesser nach Moritz II 189.
Hirse (Fennich, Fench) II 100.
Hirse-Arten II 100.
Hirsebrand II 104.
— Eigenschaften II 101.
Hirse, Mehlendosperm der II 131.
— Nachweis und Bestimmung von Talk, Speckstein II 116.
Hitze, feuchte, zur Desinfektion, Anwendung nach W. Patschke III 642.
— feuchte, Wirkung auf Bakterien III 642.
— trockene, Wirkung auf Bakterien III 640.
Hochdruckdampfheizung III 276.
Hochdruckwasserheizung III 275.
Hochköpfigkeit III 734.
Hofersche Farbentafel I 1042.
Höhenlinien I 748.
Höhenmesser, selbstregistrierende III 478.
Höhenrauch I 662.
Höhentafel I 623.
Hohlbauweisen III 308.
Hohlschaufellüfter III 220.
Höllenstein, antiseptischer Wert III 652.
Hollunderbeeren II 239.
Holz, vom Hausschwamm befallenes III 348.
Holzbau III 308.
Hominy II 99.
Homomerie III 718.
Homöotherm I 637, III 71.
Homogene Immersion I 210.
Honig, Auslands- II 314.
— Bestimmung der freien Säuren II 315.
— — — Saccharose II 316.
— — des direkt reduzierenden Zuckers II 316.
— — — Stickstoffes II 319.
— — — Wassers II 315.
— — und Untersuchung der Asche II 315.
— Beurteilung II 320.
— deutscher II 314.
— echter, Erkennung von Kunsthonig, H. Leysche Reaktion II 319.
— Eigenschaften und Zusammensetzung II 314.
— Messung der Drehung des polarisierten Lichtes II 317.
— mikroskopische Prüfung II 319.
— Nachweis von Melasse II 318.
— Prüfung auf Dextrine des Stärkezuckers und Stärkesirupes II 317.
— — — diastatische Fermente II 319.

Honig, Prüfung auf künstlichen Invertzucker, Fiehesche Reaktion II 317.
— — — Teerfarbstoffe II 318.
— Sinnenprüfung II 315.
— Untersuchung II 314.
— Verfälschungen II 314.
Hopfensprossen II 211.
Hordeum distichum L II 98.
— hexastichum II 98.
— tetrastichum II 98.
Hormone und Reizwirkung III 345.
Hühnercholera III 555.
Hühnerei, Nährwert II 17.
Hühnerpest II 700.
Hülsenfruchtmehle, Zusammensetzung II 122.
Hülsenfrüchte, Beurteilung II 125.
— Dauerwaren aus II 125.
— Kraftsuppenmehle aus II 125.
— Nachweis von Blausäure durch Schönbeinsche Reaktion II 123.
— quantitative Blausäurebestimmung nach Liebig II 123.
— Nachweis von Farbstoffen, Talk II 122.
— — — schwefliger Säure II 122.
— Untersuchung II 122.
— — durch die Kochprobe II 122.
— Verfälschungen II 122.
Hummern, Untersuchung II 718.
Hundspetersilie II 218.
Hustenaussaatmethode I 738.
Hustentröpfchen, Apparat zur Untersuchung I 738.
Hya-Apparat III 674.
Hydnum imbricatum II 221.
Hydratation I 250.
Hydrobiologische Methoden I 971.
Hydrogenase II 581.
Hydrokarbonation I 888.
Hydrologische Grundgesetze I 983.
— — von Darcy I 983.
Hydrolytische Spaltungen I 250.
Hydrophobie III 620.
Hydrotimeter I 885.
Hygrograph I 653.
Hygrometer, Haar- I 651.
— Kondensations- oder Taupunkts- I 642.
— nach Daniell I 642.
— — Regnault I 642.
Hygroskopische Kondensation III 645.
Hygroskopizität, Bestimmung I 780.
Hygroskopizitätsapparat I 781.
Hymenolepis nana III 625.
Hyperkapnie III 364.
Hypholoma fasciculare II 221.
Hypoderma II 699.
Hypokapnie III 364.
Hypsikephalie II I 734.

I.

ice-cream II 613.
Ichthyoismus II 718.
Identitätsreagentien I 291.
Idiosynkrasien I 513.
Immersionssysteme I 210.
Immersion, Wasser- I 362.
Immunisierung, Kreuzweise II 748.
Immunität, angeborene I 498.
— ererbte I 498.
— erworbene I 498.
— Gewebs- oder histogene I 501.
— natürliche I 498.
— örtliche I 561.
— regionäre I 561, III 546.
Immunitätsreaktionen, quantitative Verhältnisse bei den I 506.
Immunitäts-Einheit I 506.
Immunkörper, Avidität der I 507.
— gelöste I 503.
Immunobiologische und serologische Methoden I 498.
Immunologische Versuche, Ausführung I 501.
Immunreaktionen, Theorie I 503.
— Technik der einzelnen I 511.
Immunsera, Herstellung I 509.
— Keimfreiheit I 508.
Immunstoffe, phagozytosebefördernde I 521.
Immunversuch, hämolytischer I 516.
Impfbohrer III 581.
Impfung in die Kornea I 475.
— ins Nervensystem I 475.
— intraokulare I 475.
— intraperitoneale II 759.
— intravenöse I 471, II 760.
— — Apparat zur II 761.
— subkutane II 761.
Inaktivierung I 502.
Index nach Ascher III 482.
— — Becher und Lennhoff III 482.
— — Berger III 482.
— — Bornhardt III 482.
— — Broca III 482.
— — Brugsch III 488.
— — de la Camp III 483.
— — Drescher III 485.
— — Erismann III 482.
— — Florschütz III 482.
— — Livi III 482.
— — Matsuoka, Fuyuki und Shintaro Ishii III 481.
— — Oeder III 481, 483.
— — Oettinger III 484.
— — Oppenheimer III 483.
— — Pignet III 482.
— — v. Pirquet III 481.
— — Quetelet III 481.
— — Quetelet, Davenport, Kaup III 483.
— — Rohrer III 486.
— — Stephani III 481.
— — Ziemssen III 482.
Indikan aus Harn, Nachweis im Wasser nach Jolles I 930.
Indikator I 307.
Indikatoren I 323, 325, 326, 327.
Indikator-Dauerreihen I 340.
Indikatoren, einfarbige I 339.
— Farb- I 323.

Indikatoren, Salz-, Eiweiß-, Säurefehler I 339.
Individualmethode zur Berechnung der Sterbetafel II 109.
Individualstatistik I 88.
Indol, Nachweis I 446.
Indolprobe I 942.
Infektiöses Material, Versendung I 497.
Infektion auf dem Wege des Verdauungskanals I 475.
Infektion durch Einatmung I 473.
— — Trinkwasser oder Badewasser I 567.
— geschlossene I 471.
— latente I 462.
— manifeste I 462.
— Misch- I 467.
— Nahrungsmittel- I 568.
— puerperale Selbst- III 518.
— Staub- III 582.
— Tröpfchen- I 739.
Infektionen, Laboratoriums- I 463.
Infektionsbedingungen, natürliche I 468.
Infektionsimmunität III 577.
Infektionskrankheiten durch Eingeweidewürmer, methodische Notizen über III 624.
— hygienische Methoden zur Untersuchung der einzelnen III 508.
Infektionsversuche an Affen I 464.
— beim Menschen I 463.
Infektionswege I 467.
Infektion, symptomlose I 462.
Influenza, epidemiologische Erforschung III 565.
Influenzabazillus III 563.
Infusionsapparat I 486.
Ingwer II 333.
Inhalationsinfektion I 474.
Injektion in das Lebergewebe I 472.
— — die Brusthöhle I 472.
— — ein Gelenk I 472.
— intraarterielle I 472.
— intrakardiale I 472.
— intrakutane I 512.
— intramuskuläre I 472.
— intraperitoneale I 472.
— perkutane, subkutane I 472, III 581.
Injektionsapparate, stempellose I 486.
Inkubationszeit I 559.
Inocybe lateraria II 221.
Insuffizienzkrankheiten II 22.
Intelligenzprüfungen III 440.
Intelligenz und Hautsensibilität, Beziehungen zwischen III 440.
Interferometer I 199.
— Flüssigkeits- I 200.
— Gas- I 199.
Intermittens III 608.
Interpolation I 32, 66.
Invertzucker II 303.
— Bestimmung II 328.
Invertzuckergehalt, Ermittelung aus der gewogenen Kupferoxydmenge II 516.
Involutionsformen beim Pestbazillus III 555.
Ionen I 244.
— aktuelle I 320.
Ionenaspirator I 674.
Ionen, freie I 244.
— negative I 244.
— positive I 244.
— potentielle I 320.
— verbundene I 244.
Irischer Ofen III 265.
Irritabilität III 352.
Isallobaren I 626.
Isanomalen I 627.
Isobaren I 626.
Isoelektrischer Punkt I 254.
Isohämagglutinine I 534.
Isolysen I 748.
Isomeren, Unterscheidung optisch aktiver I 199.
Isoplethen I 612.
Isopren III 141.
Isothermen I 612.
Itrol, antiseptische Wirkung III 652.

J.

Jahreszeitliche Periodizität I 561.
Jams II 282.
Japanisches Siebentagefieber III 594.
Jod, Desinfektionswirkung III 656.
Joddämpfe, Nachweis III 85.
Jodeosin, Erythrosin, Tetrajodfluorescein I 327.
Jodkleisterstreifen nach v. Mikulicz zur Prüfung der Eindringungsdauer III 648.
Jod, Nachweis im Wasser I 899.
Jodoform als Desinfektionsmittel III 658.
Jodometrie I 316.
Jodtrichlorid, Desinfektionswirkung III 656.
Jodzahl, innere II 644.
Joghurt II 615.
Johannisbeeren II 239.
Joulesches Gesetz III 257.
Jurko-Bauweise III 310.
Juglans regia II 241.
Jute III 5.

K.

Kachelöfen III 266.
— Bestimmung der Heizflächen für III 268.
Kachelofenzentralheizung III 275.
Kadaver-Alkaloide I 448.
Kadaverdampfwässer I 1067.
Kadmium III 140.
Kadmium, Nachweis III 124.
Kaffee II 365.
— Bestimmung der abwaschbaren Stoffe II 370.
— — — Asche, der Alkalität, der löslichen Phosphate II 368.
— — — Eiweißstoffe II 371.

Kaffee, Bestimmung der in Zucker überführbaren Kohlehydrate II 371.
— — — Rohfaser II 370.
— — — wasserlöslichen Stoffe II 369.
— — des Fettes II 370.
— — — Koffeins II 369.
— — — rohen Kaffees auf künstliche Färbung II 371.
— — — Wassergehaltes und des Trockenrückstandes II 368.
— — — Zuckers II 370.
— Beurteilung II 377.
— mikroskopische Untersuchung II 375.
— Nachweis von künstlichen Kaffeebohnen II 374.
— Prüfung des Kaffeepulvers, Vorprüfung auf Zichorie usw. II 375.
— Prüfung gerösteter, auf Überzugsstoffe II 372.
Kaffeersatzstoffe II 379.
— Beurteilung II 380.
— Zusammensetzung der bekannteren II 380.
Kaffeesurrogate II 379.
Kaffee, Verfälschungen II 367.
Käfig, Affen- I 483.
— für infizierte Tiere I 481.
Kahm II 446.
Kakao II 389.
— Bestimmung der Asche usw. II 390.
— — — künstlichen Färbung II 393.
— — — Rohfaser II 391.
— — — Stärke II 391.
— — des Fettes II 390.
— — — Zuckers II 392.
— — von Theobromin und Koffein II 391.
— Beurteilung II 396.
— Nährwert II 18.
— Nachweis von Kakaoschalen, mikroskopische Prüfung II 394.
— Prüfung auf Fettsparer II 394.
— Wasserbestimmung II 390.
Kahlersches Gesetz III 416.
Kala-azar III 606.
Kaliumhydroxyd, Desinfektionswirkung III 654.
Kaliumpermanganat, Desinfektionswirkung III 656.
Kaliumsalze, Bestimmung im Wasser I 915.
Kaliumsulfidlösung II 725.
Kalium und Natrium, quantitative Bestimmung bei Stoffwechselanalysen II 60.
Kalkbestimmung, maßanalytische I 314.
Kalkmilch, als Desinfektionsmittel III 654.
Kalksandsteinbau III 309.
Kalomel III 136.
Kalorienbedarf des Menschen II 2.
Kalorien, Eiweiß- II 13.
Kalorienbedarf für die einzelnen Familienmitglieder II 35.
Kalorien, Gesamt- II 13.
Kaloriengleichgewicht II 48.
Kalorifer III 270.
Kalorimeter, Ausführung der Verbrennung II 84.
Kalorimeter, Behandlung der zu verbrennenden Substanzen II 86.
— Berechnung der Verbrennung II 85.
— Bestimmung des Wasserwertes II 86.
— Luft- nach Rubner III 42.
— nach Stefan III 24.
— und Nebenapparate II 82.
— Wasserwert des II 85, 86.
Kalorimetrische Bombe III 281.
Kältetrennungsversuch nach Morgenroth I 516.
Kälte, Wirkung auf Bakterien III 640.
Kalziumhydroxyd, Desinfektionswirkung III 654.
Kalzium und Magnesium, gravimetrische Bestimmung als Kalziumoxyd II 61.
— — — quantitative Bestimmung bei Stoffwechselanalysen II 60.
— — — titrimetrische Bestimmung mit Permanganat II 61.
Kamin- und Kanalheizung III 256.
Kanalisationssystem III 299.
Kandiszucker II 303.
Kaninchengruppe II 795.
Kaninchenwage nach Duenschmann II 753.
Kannibalismus I 471.
Kapern II 334.
Kapillaren, Herstellung I 260.
Kapillardepression I 616.
Kapillarmethode nach Carnwath II 801.
Kapillarpipette II 787.
Kaporitlösungsvorrichtung I 1065.
Kapuzinerpilz II 220.
Karamellösung nach Ohlmüller I 847.
Karbazidometer nach Wolpert I 699.
Karbolfuchsinlösung nach Ziehl I 376.
Karbolsäure, Desinfektionswirkung III 658.
— rohe III 658.
Karbolsäurekoeffizient III 635.
Karbolwasser III 658.
Kardamomen II 334.
Karotte II 209.
Kartoffeln als Nährböden I 431.
Kartoffelbazillen II 171.
Kartoffel-Blutagar III 566.
Kartoffelbovist II 221.
Kartoffelknolle, Fäulnis der II 205.
— Krankheiten II 205.
— Krebs und Schalenkrankheiten II 205.
Kartoffeln II 204.
— Bestimmung der Stärke nach E. Ewers II 206.
— — — — — dem Lintnerschen Verfahren nach A. Scholl II 207.
— — des Solanins nach G. Meyer II 207.
— — — — — v. Morgenstern II 207.
— Erkennen alter II 209.
— — unreifer II 209.
— Gehalt an Trockensubstanz und Wasser II 206.
— mittlere Zusammensetzung II 204.
— Solaningehalt II 205.
Kartographische Darstellungen I 72.

Käse, anorganische Gifte oder chemisch differente Stoffe in dem II 618.
— Appetitlichkeit II 618.
— bakteriologische Untersuchung II 622.
— Begriffsbestimmung II 616.
— Bestimmung der freien Säuren II 620.
— — — Mineralstoffe II 620.
— — — Stickstoffsubstanzen II 620.
— — des Fettgehaltes II 619.
— — — Milchzuckers II 620.
— — — Wassergehaltes II 619.
— — — wasserlöslichen Anteils der N-Substanzen II 620.
Käsefehler II 618.
Käse, hygienische Beurteilung II 617.
— Infektionserreger in dem II 618.
Käsekohl, II 216.
Käse, Nachweis von Ameisensäure und ihre Salze II 621.
— — — Benzoesäure und ihre Salze II 621.
— — — Beschwerungsmitteln II 621.
— — — Borsäure und Borate II 621.
— — — Formaldehyd II 621.
— — — fremden Beimengungen II 621.
— — — Salizylsäure II 621.
— — — Schwermetallsalzen II 621.
— Nährwert II 618.
— Probeentnahme zur Untersuchung des II 619.
— toxische Saprophyten in dem II 619.
Käsevergiftungen II 619.
Kastanien II 241.
Kastendesinfektion III 665.
Katalaser II 580.
Katalasezahl II 580.
Katalysatoren I 250.
Katanhydro-Isohypsen I 775.
Kataphorese I 244, 254, 344.
Katathermometer III 72.
Katheterisieren der Tiere II 46.
Kathodenstrahlen, Wirkung auf Bakterien III 639.
Kationen, Gruppen- und Identitätsreaktionen der I 292.
— Untersuchung auf I 292.
Kattun III 4.
Kautschuk I 264.
— chemische Untersuchung III 141.
— Gebrauchsgegenstände aus III 141.
— Zusammenstellung des Analysenganges III 143.
Kaviar, biologische Untersuchung II 803.
Kaviarverfälschungen II 805.
Kefir II 615.
Kehrmehl II 155.
Keimtötende Wirkung, Prüfung auf III 631.
Keimträgermethoden III 632.
Kellerschwamm III 347.
Kellnersches Verfahren II 87.
Keimling II 103.
Keimträger I 463.
Keimzählung I 455.
Kenotoxine III 359.
Kephalograph nach Leiterstorfer III 401.
Kernobst II 238.
Kerzen, Untersuchung auf Kupfer und Arsen III 148.
Keuchhustenbazillus (Bordet-Gengou) III 566.
Khaprakäfer II 106.
K.-H.-Reaktion nach Pfeiler u. Scheyer I 538.
Kieselgurkerzen II 764.
Kieselalge I 1087.
Kieselsäure, freie, Nachweis im Wasser I 866.
Kilowatt I 172.
Kindermehle II 164.
— Bestimmung der löslichen und unlöslichen Kohlehydrate II 166.
— — — Mineralstoffe, von Kalk, von Phosphorsäure II 164.
— — des Anteiles an Milch II 165.
— — — Säuregehaltes II 165.
— — von Fett II 165.
— Beurteilung II 167.
— Stickstoffbestimmung II 166.
— Wassergehalt II 164.
— Zusammensetzung II 168.
Kinematometer nach Störring III 397.
Kippfenster III 220.
Kippscher Apparat I 283.
Kirschen II 239.
Kittstoffe I 265.
Kläranlagen, Ergebnis der Untersuchung der Abflüsse von I 1032.
— Ergebnisse der Untersuchung der Abflüsse von biologischen I 1036.
Klärbecken I 1052.
Klärung von Flüssigkeiten I 273.
Klatschpräparat I 443.
Klappertopf II 109.
Klaretmost II 446.
Kleiderluft III 16.
Kleiderläuse III 615, 673.
Kleiderstoffe, Apparat zur Demonstration der Luftdurchgängigkeit III 12.
— chemische Untersuchung III 7.
— Dicke III 48.
— Durchlässigkeit für Licht III 39.
— Gebrauch giftiger Farben und Beizen bei Herstellung III 53.
— Komprimierbarkeit III 50.
— Nachweis von Antimon III 53.
— — — Arsen III 54.
— Permeabilität III 12.
— Permeabilitätskoeffizienten III 12.
— typisches Leitungsvermögen III 28.
— Untersuchung auf Appretur III 52.
— Untersuchung über die Aufnahme von Gasen durch III 56.
— — über das Wärmestrahlungsvermögen III 30.
— Untersuchungsmethoden III 1.
— Ursache für Ekzeme III 54.
— Ventilation III 16.
— Verdunstung des Wassers III 22.

Kleiderstoffe, Verhalten gegen anfliegenden Schmutz III 60.
— Wärmedurchgangswerte III 28.
— Zuschnitt III 45.
Kleidung, Absorption für Strahlen III 32.
— Bakteriengehalt III 61.
— Benetzbarkeit III 22.
— Berechnung des Flächengewichtes III 11.
— — — Flächeninhaltes von Stoffstückchen III 10.
— — — Flächenvolumens von Stoffstückchen III 11.
— — — Porenvolumens III 10.
— — — spez. Gewichtes von Stoffstückchen III 11.
— Berufs- III 46.
— Bestimmung der Wasserkapazität III 21
— — des Kohlensäuregehaltes III 16.
— — — Wärmeleitungsvermögens III 24.
— Glätte, bzw. Rauhigkeit des Stoffes III 46.
— kapillares Aufsaugungsvermögen III 22.
— Messung der Einschränkung des Wärmeverlustes mit Hilfe des Luftkalorimeters III. 42.
— Prüfung der Zersetzungsvorgänge in der III 55.
— — des Aufbaues der Gewebe III 3.
— — — Verhaltens gegen Luft III 10.
— — — — — Wasser III 20.
— — — — in chemischer Beziehung III 52.
— — — — — mechanischer Beziehung III 45.
— — — — — thermischer Beziehung III 23.
— reelles Leitungsvermögen der III 28.
Kleidungsstoffe, Abnutzbarkeit III 47.
— Ankleben an der Haut III 23.
— Apparat zur Bestimmung der Permeabilität von de Lange III 15.
— Apparat zur Bestimmung der Permeabilitätskoeffizienten III 13.
— — — Demonstration der Komprimierbarkeit nach Rubner III 51.
Kleine bunte Reihe III 536.
Kleinkindersterblichkeit I 113.
Kleinstwohnungen III 312.
Kleinwohnungen III 328.
Klemmschrauben I 176.
Klima I 599.
— gemäßigtes I 680.
— Höhen- I 680.
— kontinentales I 680.
— polares I 680.
— See- I 680.
— solares I 678.
— subtropisches I 679.
Klima, Tropen- I 679.
— wirkliches I 678.
Klimatik I 599.
Klimatologische Untersuchungen I 678.
Klone I 544.
Klopfmethode zum Nachweis von Ermüdung und Erregung III 397.
Knoblauch II 214.
Knollenblätterpilze, Giftwirkung II 223.
Knollenblätterschwamm, grüner II 221.
— gelber II 221.
— weißer II 222.
Knopfbildung I 543.
Koagulation I 253.
Kobalt III 140.
Kobaltsalze, Desinfektionswirkung III 652.
— Desinfektionswirkung III 652.
Kochsalz II 360.
— Bestimmung der Borsäure II 361.
— — des Chlors II 361.
— — — Jod im sogenannten Vollsalz II 361.
— — — Natriums II 361.
— — — unlöslichen Rückstandes II 361.
— — — Wassers II 360.
— Beurteilung II 362.
Kochsalzlösung, bakterizide Wirkung III 655.
— Unterscheidung von Siede- und Steinsalz II 362.
Kognak II 425.
Kohlarten, Zusammensetzung II 216.
Kohlebreiverfahren I 1053.
Kohlendioxyd, luftfreie, Gewinnung durch den von F. Henz modifizierten Kippschen Apparat III 129.
Kohlehydrate, stickstofffreie Extraktivstoffe, quantitative Bestimmung II 65.
Kohlenoxyd I 707.
Kohlenoxydbestimmung nach Goutal I 710.
— Nachweis mit Palladiumchlorürpapier I 709.
Kohlenoxyd, qualitativer Nachweis I 707.
— quantitative Bestimmung I 709.
Kohlenoxysulfid, Nachweis III 86.
— Prüfung des Wassers auf I 911.
Kohlensäure, aggressive I 889, 892.
— Apparat zur Bestimmung der Gesamt- I 895.
Kohlensäureausscheidung während geistiger Arbeit III 376.
Kohlensäure, Berechnung der aggressiven I 892.
— Bestimmung I 694.
— — der freien I 890.
— — — Gesamt- I 895.
— — im Wasser I 888.
Kohlensäurebestimmung nach Lunge-Zeckendorf I 698.
— — Pettenkofer I 695.
Kohlensäurebestimmungsapparat nach Petterson-Palmquist I 699.
Kohlensäure, Beurteilung der freien I 896.
— freie I 889.
— — festgebundene, halbgebundene I 888.
Kohlensäuregehalt einer Luft während eines längeren Zeitraumes, Bestimmung I 703.
Kohlensäure, Gesamt- I 889.
— hygienische Bedeutung der freien I 891.

Kohlensäure, Kölbchen zur Titration der freien I 891.
— Kurve zur Bestimmung der aggressiven I 893, 894.
— zugehörige I 889, 892.
Kohlenstoff, organischer, der Luft, Apparat zur Bestimmung nach Hahn und Hirsch III 95.
Kohlenstoffverbindungen der aliphatischen Reihe als Desinfektionsmittel III 657.
Kohlrabi II 211.
Kokken I 356.
— Diplo- I 356.
— Gono- III 521.
— Meningo- III 523.
— pathogene III 511.
— Staphylo- I 356, III 512.
— Strepto- I 356, III 516.
Koliertücher I 270.
Kolititer I 941.
— praktische Verwendung der Bestimmung des I 943.
— Verfahren für die Bestimmung des I 941.
Kollargolfärbung III 591.
Kolle-Flasche I 440.
Kollektivlinse I 204.
Kollektivmaßlehre I 28.
Kollimatorrohr I 182.
Kollodiumhülsen I 396.
Kollodiumsäckchen I 433.
Kolloidale Lösungen I 252.
Kolloidaler Zustand I 252.
Kolloide, hydrophile I 253.
— hydrophobe I 253.
— lophile I 253.
— lyophobe I 253.
Kolonien, morphologisches Verhalten I 443.
— Tages- oder Halbtags- III 505.
Koloradokäfer II 206.
Kolorimeter, Eintauch- I 186.
— nach Heublein I 872.
— — J. König I 918.
— Polarisations- I 187.
— Präzisions- I 185.
— — nach Bürker I 185.
Kolostrumkörperchen II 539.
Kombinationsmeßskala nach Drescher III 486.
Kombinationsverfahren von Ebbinghaus z. Nachweis von Erregung u. Ermüdung III 386.
Kommensalen I 462.
Komparator von Walpole I 335.
Kompensationsokulare I 214.
Komplement I 502, 516, III 597.
Komplementablenkung I 519.
Komplementbindungsreaktion III 595.
— Bedeutung für die praktische Fleischuntersuchung II 806.
Komplementbindende Antikörper I 537.
Komplement, künstliches I 516.
Komplement, quantitative Austitrierung III 600.
Kondensor, achromatischer I 219.
Kondensor, aplanatischer I 219.
— bizentrischer Spiegel- I 224.
— Brillenglas- I 219.
— Dunkelfeld- zum Aufsetzen auf den Objekttisch I 223.
— Helldunkelfeld- I 225.
— Kardioid- I 224.
— nach Abbe I 218.
— Paraboloid- I 224.
— Spiegel- I 224.
— Universal- I 225.
— Wechsel- I 225.
— zentrierbarer Dunkelfeld- I 223.
Kondenswässer und Kühlwässer I 1045.
Kondenswasser I 438.
Konfekte II 307.
Konglutinationsreaktion I 538, III 569..
Kongorot als Indikator I 327.
Konidien I 356.
Königsfliegenpilz II 221.
Konjunktivalreaktion III 568.
Konserven, käufliche Gemüse- II 41.
Konservierung durch flüchtige chemische Desinfizientien I 404.
Konservierungsmittel, allgemeine Beurteilung II 40.
— Anforderungen II 41.
Konstanz und Charakteristik der Arten, Gesetz I 354.
Kontakte, Quecksilbertauch- I 177.
Konstanzmethode III 408.
Kontakträume III 10.
Kontaktthermometer, elektrisches Patent- I 407.
— nach Lautenschläger III 650.
Kontrollfilter von Merkel II 537.
Kontrollstreifen für Dampfdesinfektionsapparate III 649.
Konvektionszahlen bei einer senkrechten Luftschicht III 242.
Konzentration einer Lösung I 249.
Koordinaten, Parallel- I 48.
— Polar- I 47.
Koordinatensystem, rechtwinkliges (orthogonales) I 43.
— schiefwinkliges (klinogonales) I 43.
Kopfkohl II 215.
Kopfumfang, Messung III 440.
Köper III 4.
Korallin III 145.
Koriander II 334.
Korinthen II 239, 247.
Kork, Apparat zum Rollen und Pressen I 263.
Korkbohrer I 263.
Korkbohrerschärfer I 263.
Korkpresse I 263.
Kornbohrer II 106.
Körnerfürchte, chemische Zusammensetzung II 103.
— — — der Asche II 104.
Korngröße I 758.
Kornmotte II 106.
Kornrade II 107.
Kornwurm, roter II 106.

Kornwurm, schwarzer II 106.
Kornzange für Rattenversuche I 483.
Körperfülle, Zusammensetzung der Werte III 487.
Körpergewicht, Bestimmung II 110.
— ideelles II 21.
— prozentuale Zunahme bei Knaben und Mädchen im Alter von 6—20 Jahren III 473.
— wahres II 21.
Körpergröße, prozentuale Zunahme bei Knaben und Mädchen im Alter von 3—20 Jahren III 473.
Körperlänge, Abnahme der III 475.
— Methoden zur Messung III 475.
Körpermaße I 20.
Körpermeßapparat nach Stephani III 477.
Körpermessungen, Individualmethode III 471.
— Kollektivmethode III 471.
Körperoberfläche, Bestimmung nach Du Bois II 3.
Korrektionsfaktor beim Titrieren I 310.
Korrektionsfassung I 215.
Korrekturen auf graphischem Wege I 44.
Korrelation I 67, III 709.
— Abhängigkeit von der Häufigkeit der Merkmale III 727.
— fehlende I 68.
— partielle I 69.
Korrelationsindex III 710, 725.
Korrelationsfaktor I 69.
Korrelationskoeffizient I 69, III 709, 722.
Korrelationstabelle III 722.
Korrelation, verborgene I 69.
Korrespondentenmethode I 87.
Korridorsystem III 490.
Korsett, Bestimmung des Druckes III 45.
Kosmetische Mittel, Untersuchung auf Paraphenylendiamin III 146.
— — — — Pyrogallol III 146.
Kosselsche Schleifen III 556.
Kostarten, Ausnutzung verschiedener II 10.
Kot, Normal- II 7.
— und Harn, gesondertes Auffangen beim Säugling II 45.
— — — Gewinnung und Abgrenzung, sowie das Auffangen anderer Ausscheidungen II 43.
— Verlust in Prozenten der Zufuhr im II 8.
Krabben II 718.
Kraepelinsche Rechenmethode III 383.
Kraftwechsel, Untersuchung II 82.
Krankenhausstatistik I 118, 119.
Krankheiten der Haustiere, auf den Menschen übertragbare ansteckende II 664.
— — Unkultur I 564.
— und Parasiten der Haustiere, nicht auf den Menschen übertragbare II 673.
Krankheitsbereitschaft, gekuppelte I 70.
Krankheitserregende Wirkung der Mikroben, Prüfung I 461.
Krankheitserreger, Arbeiten mit besonders gefährlichen I 576.
Krankheitserreger, Handel mit lebenden I 576.
Krankheitserreger, unfertige I 462.
— Versendung von I 576.
Krankheitshäufigkeit I 120.
Krankheitsstatistik II 118.
Krankheitswahrscheinlichkeit I 120.
Kratokbohnen II 121.
Kraut II 215.
Krebse, Untersuchung II 718.
Krebspest II 718.
Kreideschimmel II 170.
Kresole, Desinfektionswirkung III 658.
Kresolseifenlösung III 659.
Kresolwasser III 659.
Kresylschwefelsäure III 659.
Kresylsulfosäure III 659.
Kreuztisch I 231.
Kriebelkrankheit II 105.
Kröbersche Tabelle II 71.
Krüppelfürsorgestelle III 503.
Krüppelfürsorgestellen, Merkblatt über die Bestrebungen der Krüppelschulen, -heime III 504.
Küchen, Ausstattung III 314.
Küchenzwiebel II 214.
Kugelmühlen I 258.
Kugelmuschel I 1087.
Kuhkraut II 109.
Kühler, Durchfluß- I 275.
— Rückfluß- I 276.
Kühlkiste I 413.
Kühlstärke III 75.
Kühlvorrichtungen I 412.
Kuhnen II 446.
Kühnsche Zahlentafel I 753.
Kuhweizen II 109.
Kukuruz II 99.
Kulturaufschwemmung I 362.
Kultur, Einzell- I 434.
Kultur, künstliche in vivo I 432.
Kulturelle Untersuchungsmethoden I 396.
Kulturen nach Ungermann I 440.
— Strich- I 440.
Kulturhefe II 251.
Kulturröhrchen, richtiges Halten von zwei I 437.
Kultursammlung I 441.
Kultur, Vorbedingungen für künstliche I 397.
Kümmel II 334.
Kumys II 615.
Kunsthonig II 320.
— Beurteilung II 321.
— Prüfung auf Invert-, Rohrzucker, Mineralstoffe, Säure II 321.
— — — Stärkesirup II 321.
— — — Trockensubstanz II 321.
Kupfer, antibakterielle Wirkung III 651.
— Gesundheitliche Schädigung III 123.
Kupferchlorür als Desinfektionsmittel III 652.
Kupfernachweis, qualitativer, im Wasser I 864.
— quantitativer, im Wasser I 864.

Kupfer, quantitative Bestimmung III 124.
Kupfer- und Messinggeräte I 265.
Kupfer-Zinn-Legierung, Untersuchung III 124.
Kupfersalze als Desinfektionsmittel III 652.
Kupfersulfat als Desinfektionsmittel III 652.
Kürbis II 217.
Kurkuminpapier II 728.
Kurven, Ausmessung von I 18.
Kurvenschar I 50.
Kurzfristiges Fieber von Niederl.-Indien III 594.
Kurzschluß I 172.
Kurzstunden III 499.
Küstersche Formel III 182.

L.

Laboratorium, Essen und Trinken im I 586.
— hygienisches I 575.
— Waschtisch im I 580.
— Wasserableitung im I 579.
Laboratoriumsgeräte, Eigenschaften und Behandlung der wichtigsten chemischen I 259.
Laboratoriumsinfektion, Maßnahmen gegen bereits eingetretene I 589.
— durch infizierte Zecken III 592.
Laboratoriumsunfälle, Maßnahmen zur Verhütung I 580.
Lackmoid als Indikator I 327.
Lackmus als Indikator I 326.
Lackmusmolke I 431, II 691.
Lackmuspapier als Indikator I 326.
Lactaria torminosa II 221.
— rufa II 221.
Lactarius deliciosus II 220.
— volemus II 220.
Lactose-bile medium I 943.
Lactuca sativa II 218.
Lageplan I 560.
Lagerfäule III 347.
Laktobutyrometer nach Marchand II 557.
Laktodensimeter nach Quevenne II 544.
— — Soxhlet II 544.
Laktokonien II 540.
Laktometer II 544.
Laktoserumreaktion II 746.
Laktoskop nach Feser II 553.
Lambertsche Formel III 159.
Lamblia intestinalis III 604.
Lampe, Bogen- I 221.
— hochkerzige Glüh- I 221.
— Liliput- I 221.
— Lucifer- I 221.
— Nernst- I 221.
Lampenfieber III 418.
Lancet-Desinfektionsmethode III 636.
Landesplanung III 293.
Landolt-Börnsteins Tabellen I 889.
Landoltsche Probe mit Bromwasser zur Identifizierung des Phenols III 93.
Länge, Messung der Stamm-, III 478.
Languste II 718.
Lanzettegel II 699.
Latrinendesinfektion III 670.
Lauch II 214.
Laufende Desinfektion III 667, 680.
— — Gang bei der Überwachung seitens des Desinfektors III 679.
Lebendbeschau II 662.
Lebendgeburten I 102.
Leben, latentes I 545.
Lebensäußerungen der Mikroben in der Kultur I 443.
— chemische, der Mikroorganismen I 445.
— physikalische, der Mikroben I 445.
Lebensdauer, mittlere I 109.
— wahrscheinliche I 111.
Lebenserwartung I 109, 111.
Lebenskraft III 691.
Leberabszeß, tropischer III 603.
Leber als Nährbodenzusatz I 431.
Leberegel II 699.
Ledertäubling II 221.
Ledigenheime III 312.
Legierungskontaktthermometer zur Prüfung von Desinfektionsapparaten III 648, 649.
Leguminosen II 119.
— anatomischer Bau II 120.
— Feinde II 122.
— chemische Zusammensetzung II 121.
— Zusammensetzung der Asche II 121.
Lehmbau III 308.
Lehrer, Wohnräume für den III 491.
Lehrfächer, Reihenfolge der einzelnen III 499.
Lehrpläne, Einfluß auf Ermüdung III 498.
Leichenschau, gesetzliche I 104.
Leimbrühe I 1067.
Leimkondenswässer I 1067.
Leinen III 4.
Leinen und Baumwolle, Unterscheidung von III 9.
Leishmanien III 605.
Leishmania-Donovani III 606.
— tropica III 606.
Leitfähigkeitswasser I 174.
Lenzites-Arten III 347.
Leontodon taraxacum II 219.
Lepiota procera II 220.
Leprabazillus III 583.
Lepra, Knoten- (tuberosa) III 583.
— Nerven- (maculo-anaesthetica) III 583.
— mixta III 583.
— -Zellen III 584.
Leptomitus lacteus I 1087.
Leptospira icteroides III 593.
— pyrogenes III 594.
Leptothrix I 356.
Lesliescher Würfel III 30.
Letalitätskurve I 560.
Letalitätsziffer I 118.
Letternmetall III 127.
Leuchtbildmethode I 228.
Leuchtdichte III 157, 159.
— Bestimmung III 174.
Leuchtfeldblende I 221.

Leuchtkraft, Ausnutzbarkeit III 176.
Leukonin III 127.
Leukotoxine I 450.
Leukozidine I 450.
Leukozytenprobe von Trommsdorf II 539.
Levinthalscher Kochblutagar III 565.
Lewinsche Reaktion III 90.
Libelle I 21.
— Röhren- I 21.
— Dosen- I 21.
Licht, Bedeutung in der Wohnung III 285, 292.
— desinfizierende Wirkung III 638.
Lichteinheit III 158.
Lichtentwicklung I 445.
Lichtgüte eines Fensters III 190.
Licht, Heliostaten- I 221.
Lichthöfe III 296.
Licht, Kalk- I 221.
— Messung nach der Methode gleicher Sehschärfe III 169.
— — verschiedenfarbiges III 168.
— Moore- III 155.
Lichtmühle nach Crookes III 231.
Licht, photographischer Äquivalenzwert III 174.
Lichtprüfer nach Cohn III 174, 179.
Lichtquellen, künstliche I 221.
Lichtstärke III 156.
— Einheit III 158.
— Messung III 160.
Lichtstrom, Einheit des III 158.
Licht, Zirkon- I 221.
v. Liebermanns Kongorotagar II 686.
Liebermannsche Probe zum Nachweis der Phenole III 92.
Liebigscher Kühler I 54.
Liliputkerzen II 764.
Limabohnen II 121.
Limbus I 16.
Limnaea auricularia I 1087.
Limonaden II 292.
Limonadenpulver II 293.
Limonen II 238.
Linearpapiere I 53.
Linkshändigkeit, genuine III 421.
Linsen II 119.
— aplanatische I 213.
— im Auswurf III 578.
Linsenfehler I 205, 212.
Linsenkäfer II 122.
Linum usitatissimum III 4.
Lipase II 582.
Lippenfärbemittel III 146.
Liquor cresoli saponatus III 659.
Literbecher I 1080.
Liter, Mohrscher I 310.
— wahrer oder metrischer I 310.
Lithionchlorid, Desinfektionswirkung III 655.
Lithiumhydroxyd, Desinfektionswirkung III 654.
Lochziegel III 309.
Löfflerscher Bazillus III 569.
Löfflerscher Nährboden III 570.
Löfflersche Grünlösungen III 536.
Logarithmen, vierstellige I 591.
Lokalinspektion I 819.
Lokalistische Lehre I 747.
— — Pettenkofers I 777.
Lokomotivführer, Folgen der Ermüdung beim III 432.
Lolium temulentum L. II 108.
Loemopsylla cheopis III 555.
Löschvorrichtungen I 581.
Lösungen, äquimolekulare I 249, 346.
— farbschwache I 367.
Lösung, feste I 254.
Lösungsmittel I 265.
Löwenzahn II 219.
Lorbeerblätter II 335.
Lues III 594.
Luetinprobe III 595.
Lüftung, Aufgabe III 202.
— eines Raumes, Berechnung nach Berlowitz III 217.
— durch Motoren III 219.
Lüftungsarten III 217.
Lüftungsklappen III 220.
Lüftungsmaßnahmen in Kleinhäusern, Vorschläge für billige III 222.
Luftbad I 267.
Luftbeschaffenheit, Maßnahmen zur Verbesserung III 223.
Luftbestandteile, Allgemeines über die Bestimmung der gasförmigen I 684.
Luftbewegung, Einfluß auf Wärmeabgabe des menschlichen Körpers I 636.
Luftbewegungen im geschlossenen Raume, Entstehen von III 205.
— Messung von III 212.
Luftdruck I 615.
— Gefährdung der Arbeiter durch III 71.
— graphische Darstellung des I 626.
Luftdurchlässigkeit verschiedener Baumaterialien III 208.
— Bestimmung III 316.
Luftelektrizität I 673.
Luftentkeimung III 225.
Luftentnahmeflasche I 696.
Luftentnahmegefäß I 684.
Luftentstaubung III 225.
Luftextreme I 601.
Luftfeuchtigkeit I 638.
— Bestimmung III 211.
Luftfilter I 722.
— nach Petri I 724.
— — Ficker I 725.
Luft geheizter Zimmer, Befeuchtung der III 224.
Luftgeschwindigkeit, Errechnung III 209.
Luft, Gewicht eines Kubikmeters bei 760 mm Barometerstand und verschiedener Temperatur III 205.
Luftgewichtskorrektion I 138.
Luft, Grad der Behaglichkeit der III 211.
Lufthefe II 251.
Luftheizung III 270.

Luftheizanlagen, Berechnung III 271.
Luftheizanlage, Schema einer III 272.
Luftkanäle, Anordnung der Zu- und Abluftkanäle III 221.
Luftkeime, quantitative Bestimmung nach Hesse I 723.
— — — — Petri I 724.
Luftkeime, Nachweis I 722.
Luftkühlung III 224.
Luftreinigung III 225.
Luft, Radioaktivität I 675.
Luftschall, Bestimmung der Durchlässigkeit der Baumaterialien III 318.
Luft, organische Substanzen und ihre quantitative Bestimmung III 95.
Luftströme, Geschwindigkeitsmesser nach H. Gerdien I 633.
Luftuntersuchungen, chemische und bakteriologische I 684.
Lufttemperatur I 601.
Luftwechsel, Größe III 202.
Luft, Zusammensetzung der atmosphärischen I 684.
Lumbalpunktion nach Quincke I 494.
Lumen III 158.
Lumineszenz III 155.
Lummer-Brodhunscher Würfel I 186, III 161.
Lupen, aplanatische I 236.
— binokulare I 236.
Lupinen II 120.
— Bestimmung des Alkaloidgehaltes und der giftigen Stoffe II 124.
Lusson-Girard-Zahl II 432.
Lustgartensche Reaktion III 94.
Lütges Glyzerin-Stern-Bouillon II 690.
Lux III 158.
Luxmeter III 173.
L-Steine (Bangert) III 309.
Lykopin II 217.
Lysine I 448.
Lysoform, als Desinfektionsmittel III 658.
Lysol III 659.
Lyssa III 620.

M.

Macis II 335.
Macisblüte II 335.
Mädchenheime III 312.
Madurafuß III 588.
Magensonde I 475.
Magnesiamixtur, Herstellung der III 134.
Magnesium, gewichtsanalytische Bestimmung I 880.
— maßanalytische Betimmung nach Froboese I 881.
Magnesiumsalze, Nachweis wieviel an Kohlensäure oder Mineralsäuren gebunden I 881.
— — — — — — — — nach Noll I 882.
— — — — — — — — — Precht I 883.
Maiblatt II 220.
Mairaßling II 220.
Mais II 99.
— Eigenschaften eines guten II 99.
Maismehl II 129.
Maisbrand II 104.
Mais, Pferdezahn- II 99.
Maisstärke II 130.
Maizena II 99.
Majoran II 337.
Makkaroni II 182.
Makronen II 312.
Makrogameten III 610.
Malachitgrünnährboden III 540.
Malagatrauben II 247.
Malariaerreger, morphologischer Entwicklungszyklus III 609.
Malaria biquotidiana III 607.
— Epidemiologie der III 612.
— -Plasmodien III 606.
— quartana III 607.
— quotidiana III 607.
— Saison- III 612.
— tertiana III 607.
— tropica III 607.
— Veränderungen des Blutbildes bei der III 612.
— Vogel- III 607.
Maligne Ödembazillen III 531.
Malleinreaktion III 568.
Maltafieberbazillus III 561.
Malta- oder Mittelmeerfieber, Epidemiologie III 562.
Maltosetabelle nach E. Wein II 423.
Malzextrakte II 163.
Malzkraut II 278.
Mammeliga II 99.
Mandarinen II 238.
Mandelbaums Rosolsäure-Blutagar II 686.
Mandeln II 241, 245.
Mandelöl, Nachweis der Verfälschungen nach Bieber und Maben II 647.
Mangan, maßanalytische Bestimmung nach Ernyei I 877.
— — — — v. Knorre-Beythien I 876.
— qualitativer Nachweis durch Jodzinkstärkereaktion I 874.
— — — im Wasser I 874.
— — — nach Marshall I 875.
— — — — Tillmans und Mildner I 875.
— — — — Volhard I 875.
— quantitative Bestimmung III 140.
— quantitativer Nachweis im Wasser I 874.
— — — nach Lührig I 875.
— — — — Tillmans und Mildner I 875.
Mangold II 215.
Manometer, Feder- I 155.
— Flüssigkeits- I 155.
— Mikro- oder Differential- I 156.
— Recknagelsches Differential- I 633.
— regulierbares I 403.
— Röhren- I 155.

Manometer, Stufen-Flüssigkeits- I 159.
— Universalflüssigkeits- I 159.
— Vakuum- I 156.
Mantel I 54.
— Arbeits- I 586.
Marbesches Gesetz III 425.
Mareysche Kapsel I 73.
Margarine II 651.
Marmelade II 282.
— Bestimmung flüchtiger Säuren II 285.
— — — Gesamtsäure II 284.
— — — Mineralstoffe, der Alkalität dieser, der Phosphorsäure II 285.
— — — Polarisation, Gesamtzucker II 284.
— — — unlöslichen Stoffe und Herstellung der Grundlösung II 283.
— — des Extraktes im löslichen Teil und Wassergehalt II 283.
— — von Farbstoffen, Konservierungsmitteln, Süßstoffen II 286.
— — — Gelatine und Agar-Agar II 286.
— — — Metallen II 287.
— — — Stärkesirup II 285.
— — — Stickstoffsubstanzen, Pektinstoffen II 286.
— Beurteilung II 287.
— mikroskopische Prüfung II 287.
— spez. Gewicht der invertierten Lösung 1 : 10 und Extraktgehalt II 284.
— Untersuchung II 283.
— Verfälschungen, Verunreinigungen II 283.
— Zusammensetzung deutscher II 288.
— — verschiedener Erzeugnisse II 289.
Marmorlösungsversuch I 894.
Maronen II 241.
Marshscher Apparat I 295.
Marzipan, Nachweis von Blausäure II 312.
— — — Nitrobenzol II 312.
— Untersuchung II 311.
Marzipanähnliche Fabrikate II 312.
Masern III 622.
— Rekonvaleszentenserum III 622.
Maß der Streuung I 31.
Maße, abgeleitete I 14.
— alte deutsche I 15.
— ausländische I 15.
— Flächen- I 14.
Maßeinheit I 13.
Maße, Körper- I 15.
— Längen- I 14.
Maße, spezifische I 14.
— unmittelbare I 14.
Maßgewicht des Getreides II 110.
Maß, kubisches I 14.
— lineares I 14.
— quadratisches I 14.
Massenwirkungsgesetz I 251, 273.
Maßsysteme, absolute I 14.
— arbiträre I 14.
Maßzahl I 13.
Mathematik, Anwendung der höheren I 39.
Mauerfraß III 346.
Maulbeeren II 239.
Maul- u. Klauenseuche III 620.
Maurersche Flecken III 612.
Mäuseglas mit Fütterungsgestell I 480.
Mäusehalter I 483.
Maximalthermometer zur Prüfung der Desinfektionsapparate III 648.
Mazun II 615.
Mc. Conkeys Nährmedium III 636.
Mediane I 31.
Meerrettich II 109.
Mehl, Aguma- II 120.
— Aussehen II 132.
— Back- II 162.
— Backprobe II 144, 157.
— Bahia- II 159.
— Beimengung von geringwertigeren anderen II 155.
— — — Unkrautsamen II 155.
— beim Griffe II 132.
— Beimischung von unbrauchbar gewordenem II 155.
— Bestimmung der Dextrose, Glukose nach Allihn und Meißl II 139.
— — — diastatischen Kraft II 144.
— — — Kohlehydrate II 137.
— — — löslichen Kohlehydrate, Zucker, Dextrin II 138.
— — — Maltose nach E. Wein II 139.
— — — Mineralbestandteile usw. II 135.
— — — wasserbindenden Kraft, Teigrobe II 143.
— — — wasserlöslichen Proteine II 141.
— — des alkohollöslichen Proteins (Gliadins) II 142.
— — — Feinheitsgrades und des Ausmahlungsgrades II 142.
— — — Fettgehaltes, des Rohfettes II 135.
— — — Gesamtstickstoffgehalts; Proteinbestimmung II 140.
— — — Invertzuckers nach E. Meißl II 139.
— — — Klebers II 143.
— — — Säuregehaltes II 135.
— — — Wassergehaltes II 135.
— Bestimmungen zur Beurteilung der Backfähigkeit II 143.
Mehl, Beurteilung II 154.
— Bewertung, allgemeine II 132.
— Bleichen II 155.
— Burta- II 120.
— chemischer Nachweis des Mutterkorns II 148.
— chemische Zusammensetzung II 131.
— diastatische Kraft II 157.
— — Probe II 157.
— — — nach Halenke-Moeslinger II 144.
Mehle, Beurteilung der präparierten II 162.
— Dextrin- II 162.
— diastasierte II 162.
— Hafer- II 162.
— Leguminosen- II 162.

Mehlextrakte II 163.
Mehl, Nachweis der Brandsporen II 154.
— — — Kornrade II 154.
— — — Unkrautsamen II 147.
— — von Alaun II 145.
— — — Farbstoffen II 146.
— — — Gerstenmehl im Roggen- und Weizenmehl II 151.
— — — Hafermehl II 151.
— — — Holzmehl II 152.
— — — Hülsenfruchtmehlen im Weizen- und Roggenmehl II 152.
— — — Kartoffelstärke II 152.
— — — Maismehl im Weizen- und Roggenmehl II 151.
Mehle, Gerstenschleim- II 162.
Mehl, Geruch und Geschmack II 133, 154.
— Glutan- II 162.
Mehle, Grünkern- II 162.
Mehl, in Wasser in vermehrter Menge lösliche Kohlenhydrate, Beurteilung II 56.
Mehlkäfer II 106.
Mehl, Kinder- II 157.
— Kleber- II 162.
Mehle, Kraft- und Eiweißsuppen- II 162.
Mehl, künstliches Färben II 155.
— mikroskopischer Bau II 126.
— Mineralbestandteile II 154.
Mehlmotte II 106.
Mehl, Nachweis von Reismehl II 152.
— — — Roggenmehl im Weizenmehl II 151.
— — — Schimmelpilzen und Bakterien II 154.
— — — Spelzmehl II 152.
— — — Steinnußmehl II 153.
— — — Weizenmehl im Roggenmehl II 150.
— — — Zink, Kupfer, Blei, Arsenik II 145.
— mikroskopische Prüfung II 149.
— Milbenprobe II 147.
— Panier- II 163.
Mehle, präparierte II 162.
Mehl, Prüfung auf Backfähigkeit II 156.
— — — Kornrade II 149.
— — — künstliches Bleichen II 147.
— — — mineralische Verunreinigungen II 145.
— — — Verdorbensein II 134.
Mehle, Pudding- II 163.
Mehl, raden- und mutterkornhaltiges II 155.
— Roborat- II 162.
— Säuregehalt II 155.
— Suppen- II 162.
— Stärke- II 157.
— totgemahlenes II 132.
— Untersuchung und Prüfung II 134.
— Verfälschungen II 134.
— Verkleisterungsprobe II 157.
— — nach Halenke-Moeslinger II 144.
— verunreinigtes, fehlerhaftes, verdorbenes II 133.
Mehl, Vermahlen von gebeiztem Saatgetreide II 155.
— Vorprobe auf Unkräuter nach A. E. Vogl II 147.
— wasserbindende Kraft II 156.
— Wassergehalt II 154.
Mehlzünsler II 106.
Mehl, Zusätze von Mineralstoffen II 155.
— Zusammensetzung von Dextrin-, von Mehlextrakten II 168.
Mehrer (Dreier, Vierer) III 425.
Meinickesche Trübungsreaktion III 601.
Meiostagmine I 537.
Melampyrum arvense II 109.
Melban II 160.
Meldepflichtige Krankheiten I 118.
Melonen II 217.
Melosira varians I 1087.
Membran, permeable bzw. semipermeable I 346.
Mendelsche Gesetze III 690.
Meningitis III 523.
Meningokokken III 523.
— Pseudo- III 524.
Merkfähigkeit für Gegenstände oder Wörter z. Nachw. von Erregung und Ermüdung III 389.
— von Figuren, z. Nachw. von Erregung und Ermüdung III 389.
Merkaptan, Nachweis III 88.
Merkmal, dominant dimeres III 706.
— rezessiv dimeres III 706.
— monomeres III 696.
— polymeres III 696, 707.
Merkmale, dominante III 702.
— rezessive III 704.
Merulius domesticus III 347.
— silvester III 347.
Mespilus germanica II 238.
Meßbank, Ebsteinsche II 22.
Meßapparate III 477.
Meßdraht I 174.
Meßgefäße, Eichung I 310.
— Gebrauch beim Titrierverfahren I 308.
Meßgeräte I 141.
Meßkeil I 16.
Meßkolben I 141.
Messing, antikabterielle Wirkung III 651.
Meßstreifen mit Zentimeter- und Bankgruppeneinteilung III 476.
Messung, allgemeines I 11, III 476.
— Längen- I 16.
— mikroskopische I 237.
— physikalisch-chemische durch optische Methoden I 343.
Meßzylinder I 148.
Metakresol, Desinfektionswirkung III 658.
Metallbüchse zur Sterilisation von Pipetten I 399.
Metalleinsatz für Hitzesterilisation I 398.
Metallkörner mit Beschlag I 289.
Meteorische Wässer, Menge I 1043.
Meteorologische Beobachtungen I 600.
— Stationen I 600.

Meterkerze III 158.
Meter, Normal- I 14.
Methode, monographische I 89.
Methodik, biometrische III 711.
— statistische I 74.
Methylalkohol, Desinfektionswirkung III 657.
— Nachweis III 90.
Methylenblaulösung, Löfflers alkalische I 376.
Methylenblauprobe nach Spitta-Weldert I 1010.
Methylorange als Indikator I 325.
Methylrot als Indikator I 327.
Metrisches System, Übersicht I 14.
Microc. prodigiosus II 170.
— tetragenus III 526.
Mieschersche Schläuche II 699.
Miesmuscheln, Untersuchung II 719.
Mikroben, aërobe I 413.
— anaërobe I 413.
— Lebensbedingungen in künstlicher Kultur I 405.
— im geimpften Tier, Beobachtung I 477.
— pathogene I 462.
— saprophytische I 462.
Mikrobiologische Methoden I 352.
Mikrobiologischer Befund, Deutung I 489.
Mikrobizide Wirkung des Lichtes, Steigerung in Lösungen fluoreszierender Farbstoffe III 638.
Mikrofilarien III 628.
Mikrogametozyten III 610.
Mikroluminare I 218.
Mikromanipulator I 434.
Mikrometerwert der Einheit der Okularskala I 237.
Mikrometrische Messung I 216.
Mikronen I 253.
Mikroorganismen, Einteilung I 355.
— Färbung I 366.
— natürliches System I 353.
Mikrophotographie I 229.
Mikroplanare I 218.
Mikroprojektionsverfahren I 230.
Mikroskop I 202.
— Auflösungsvermögen I 209.
— besondere Konstruktionen und Hilfsapparate I 233.
— bildaufrichtendes I 235.
— binokulares I 234.
— Doppel- I 234.
— einfaches I 204.
— feinere Einstellvorrichtungen I 230.
— für ultraviolettes Licht I 209.
Mikroskopbrutschränke I 236.
Mikroskopische Untersuchung I 358.
Mikroskop, Mechanische Ausrüstung I 230.
— nach Köhler I 210.
— optische Leistungsfähigkeit I 205.
— Präparier- I 235.
— Praktische Winke zum Gebrauch I 238.
— Prüfung der Leistungsfähigkeit I 241.
— Reise- I 236.
— — oder Exkursions- I 1081.
Mikroskop, Reise- oder Exkursions-, Besteck zum I 1081.
— Strahlengang im I 204.
— Theorie der Abbildung im I 204.
— Ultra- I 222, 388.
— Universal- I 216.
— zusammengesetztes I 204.
Mikrospektralapparat I 229.
Mikrosporie III 589.
Mikrospektralphotometer I 229.
Mikrosummare I 218.
Mikrotome I 373.
Mikuliczsche Zellen III 555.
Milch II 521.
— abnorme durchscheinende Beschaffenheit II 535.
— — Gerinnungsgeschwindigkeit II 535.
— Alkoholprobe II 575.
— Alizarolprobe II 576.
— Antikörper in der II 530.
— Aschengehalt II 569.
— Auswahl, Entnahme und Behandlung der Proben II 531.
— bakteriologische Untersuchung II 586.
— Begriffsbestimmung und chemische Charakteristik II 522.
— Bestimmung der Alkalinität der Milchasche II 569.
— — des Ammoniaks II 563.
— — der elektrolytischen Leitfähigkeit II 548.
— — des Fettgehaltes II 552.
— — — — gewichtsanalytische Verfahren II 553.
— — — — aräometrische Methode nach Soxhlet II 555.
— — — — refraktometrische II 555.
— — — — volumetrische II 557.
— — der Gefrierpunktserniedrigung II 548.
— — — Gesamteiweißstoffe nach Ritthausen II 561.
— — — Gesamttrockensubstanz II 548.
— — — Haltbarkeit II 574.
— — des Inkubationsstadiums der II 577.
— — — Milchzuckers II 564.
— — der gesamten mineralischen Bestandteile II 569.
— — — Reaktion und des Säuregehaltes II 572.
— — von Rohrzucker II 585.
— — der saprophytischen Keime in der II 590.
— — des spez. Gewichts II 541.
— — der stickstoffhaltigen Substanzen II 561.
— — — Zahl und Art der Keime II 587.
— — des Zuckerkalkes II 585.
— Biest- II 523.
— buddisierte II 596.
— Butter- II 614.
— chemische Untersuchung der Trocken- II 609.
Milchdauerpräparate, Untersuchung und Begutachtung II 608.

Milch, Doppelalkoholprobe II 575.
— Eis- II 608.
— eiweißfreie II 49.
— entwicklungshemmende und bakterizide Wirksamkeit II 587.
Milchfälschung II 526.
Milch, Feststellung eines verminderten Nährwerts II 530.
Milchfettbestimmung nach Gerber II 558.
Milch, Flaschen- II 532.
— Frauen- II 522, 600.
— Frauen-, Unterscheidung von Tiermilch II 601.
— Frische und Appetitlichkeit II 531.
— Frischegrade II 574.
— Gerinnungsgrade II 574.
— Gesundheitszustand der milchenden Tiere II 525.
— getrennte Bestimmung von Kasein und Albumin II 562.
— Gewinnung des Essigsäureserums II 546.
— giftige oder chemisch differente Stoffe in der II 530.
— griesige und sandige II 534.
— Grundsätze der hygienischen Beurteilung II 528.
— Halb- II 523.
— Handels- II 522.
— hygienische Anforderungen II 521.
— Inkubationsstadium II 573.
— jahreszeitliche Differenzen II 524.
— Kinder- II 523.
— Kochfähigkeitsprobe II 575.
— kombinierte Fälschung II 527.
— kondensierte II 610.
— — Bestimmung des Milchzuckers II 611.
— — — — Rohrzuckers II 611.
— Konservierung der Proben II 534.
Milchkonstante II 550.
Milchkontrolle II 531.
— Grundsätze der praktischen II 597.
Milch, Korrektionstabelle für abgerahmte II 542.
— — — Voll- II 542.
— Krankheitserreger in der II 528.
— Kuh- II 522.
— kultureller Nachweis der verschiedenen krankheitserregenden Keime in der II 589.
— Labgrade II 574.
— Mager- II 522.
— — Untersuchung II 614.
— mikroskopische Untersuchung II 538.
— und Milchprodukte, Nährwert II 17.
— Nachweis von Benzoesäure II 585.
— — — Borsäure II 584.
— — — Chlor II 570.
— — — Eisen II 570.
— — — Enzymen II 578.
— — gelber Farbstoffe II 585.
— — — Fluoriden II 584.
— — — Formalin II 584.
— — von Frischhaltungsmitteln II 583.
— — — Kalk II 570.
Milch, Nachweis von Katalasen II 579.
— — — Kupfer II 570.
— — — Magnesia II 570.
— — — Natriumkarbonat oder -bikarbonat II 583.
— — — Nitraten II 571.
— — — Oxydasen u. Peroxydasen II 578.
— — — — — — durch Guajakprobe nach Arnold II 579.
— — — — — Reaktion nach Rothenfusser II 579.
— — — — — — — Storch II 579.
— — — Phosphorsäure II 570.
— — — Reduktase nach Barthel II 581.
— — — Salizylsäure II 585.
— — — Schwefel II 570.
— — — Wasserstoffsuperoxyd II 584.
— als Nährboden I 431.
Milchnährboden II 691.
Milchnudeln II 183.
Milch, peptonisierende Bakterien II 590.
— Perhydrase- II 584, 597.
— physikalische Untersuchung II 540.
— Prüfung mit den Sinnen II 534.
— Pulver- II 609.
— quantitative Zusammensetzung II 523.
Milchrefraktometer, Tabelle für die Umrechnung der Skalenteile in Fettprozenten II 556.
Milchsäurebildung bei Ermüdungsvorgängen III 357.
Milch, Säuregrade nach Soxhlet-Henkel II 575.
— Säuregrade nach Thörner-Pfeiffer II 575.
Milchsäurestich, Zickendwerden des Weines II 447.
Milch, Sauer- II 615.
— schleimige und fadenziehende II 590.
Milchschmutz, quantitative Bestimmung II 536.
Milch, seifige und bittere II 590.
Milchserum, Aschengehalt II 569.
— Bestimmung der Refraktion II 547.
— — des spez. Gewichts II 546.
— Prüfung auf spezifische Antikörper II 590.
Milchspiegel II 553.
Milch, Spontanserum II 546.
— Standart- II 21.
— teilweise Sterilisierung II 592.
— Tetraserum II 546.
— Tier- II 522.
— Tierversuch zum Nachweis pathogener Keime II 589.
— total sterilisierte II 593.
— Trocken- II 608.
— Übergangsproben II 532.
— ungewöhnliche Verfärbung II 535.
— Unschädlichmachung der Keime II 596.
— Unterscheidung von roher und erhitzter II 582.
— — verschiedener artspezifischer Eiweißkörper II 562.

Milch, Untersuchung und Beurteilung der sogenannten sterilisierten II 592.
— Veränderungen des Geruchs II 535.
— — — Geschmacks II 535.
Milchungszeit II 524.
Milchvergärung II 590.
Milch, verlangsamtes Aufrahmen II 535.
— Viskosität der 548.
— Voll- II 522.
— Vorzugs- II 523, 600.
Milchwagen II 544.
Milch, Zentrifugen- II 522.
Milchzuckerbouillon II 691.
Milchzuckergehalt, Tabelle zur Bestimmung in Kuhmilch II 568.
— — — Berechnung aus den Refraktometergraden II 567.
Milchzuckermengen, Tabelle über die einem bestimmten Kupferniederschlage entsprechenden II 565.
Miliasse II 99.
Milk, certified II 600.
Milliampère I 172.
Millimeterpapierstreifen III 403.
Millimol I 249.
Millonsche Probe zum Nachweis der Phenole III 92.
Milzbrand II 665, III 526.
— Darm- III 527.
— Haut- III 526.
— Lungen- III 526.
Milzbrandbazillen III 526.
Milzbrand, epidemiologische Erforschung III 529.
Mineralwasser I 960.
Minimummethode I 173.
Minutaformen der Ruhramoebe III 602.
Mirabellen II 239.
Miracidium III 627.
Mischheizungen III 280.
Mispeln II 238.
Mistellen II 449.
Mitscherlichsche Körperchen II 394.
Mittel, arithmetisches I 26.
— Dichtigkeits- I 31.
Mittel, objektive I 30.
— subjektive I 30.
— vorläufiges I 26.
Mittelmeerfieber III 561.
Mittelwerte I 26.
Mittelwert M. III 711.
Mittelwert, Bestimmung des mittleren Fehlers III 715.
— wahrer I 82.
Moderator I 329.
Modifikationen I 542.
Modus I 31.
Möhren II 209.
Mohar II 101.
Mohn II 337.
Mohrenkraut II 278.
Mohrrübe II 209.
Mohrsches Salz I 931.
Mol I 249.
Moleküle I 243.
Molekulargewicht I 249.
Molekulargewichte, Mantissen ihrer Logarithmen I 349.
Molekulargewicht, scheinbares I 347.
Molischsche Reaktion III 9.
Molken II 614.
Molkereiprodukte II 608.
Molybdänlösung nach Wagner-Stutzer II 723.
Monatsliste I 600.
Monatsmittel I 608.
Monatssumme I 608.
Mondbohnen, indische II 121.
Monilia variabilis II 170.
Monochorie III 732.
Monochromate I 209.
Monomerie III 696.
Monozygotie III 732.
Moorrauch I 662.
Morbilli III 622.
Morbizid, Desinfektionswirkung III 658.
Morbiditätsstatistik I 118.
Morbiditätsziffer I 120.
Morchel, böhmische II 221.
Morchella bohemica II 221.
— conica II 221.
— esculenta II 221.
— patula II 221.
Mordbohnen, indische II 121.
Morressche Formel II 551.
Morsal-Reagens II 560.
Morsin-Reagens II 560.
Mortalität, relative I 104.
Mortalitätsziffer I 118.
Mörtel und Zement, Zusammensetzung von III 320.
Mörtelanalyse, Apparat zur III 321.
Mörtelfeuchtigkeit, Bestimmung III 320.
— Alkoholmethode nach Markl III 322.
— Methode nach Ballner III 323.
— Bestimmung nach Emmerich-Trautwein III 321.
— gravimetrische Methode nach Lehmann-Nußbaum III 321.
— Bestimmung nach Jakowenko III 321.
— Manometrische Methode nach Korff-Petersen III 322.
Most, Bestandteile II 449.
Mostbereitung II 444.
Mostwage von Oechsle II 444.
Motore I 258.
M.-Reaktion II 581.
Muchsche Granula III 580.
Mucor III 590.
Müllabfuhr I 1068.
Müllbeseitigung III 300.
Müllschwemme I 1069.
Muffelofen I 281.
Multiple Sklerose III 595.
Mundtröpfchen I 735.
— Flugweite I 736.
— Intensität der Bildung beim Sprechen I 736.
Mungo III 6.
Musa paradisiaca L. II 160, 239.

Mus decumanus III 559.
— rattus III 559.
Muskatnuß II 338.
Muskel, Härte u. Resistenz bei Erregung und Ermüdung III 369.
Muskeltonus bei Erregung und Ermüdung III 369.
Muskelunruhe, Methoden zum Nachweis von allgemeiner durch Ermüdung hervorgerufener III 401.
Musselin III 4.
Mutation I 543.
Mutterkorn II 105.
— Nachweis II 153.
Muttermalbildung III 712, 734.
Mycetoma pedis III 588.
Mykanthin III 350.
Mykobakterien I 355.
Myoneuraljunktion III 354.
Myxobolus Pfeifferi II 716.

N.

Nachkommentafel III 695.
Nadelhalter nach Kolle I 371, 437.
Nähragar I 428.
Nährböden, Abfüllen von I 424.
— Abfülltrichter für I 424.
— Aufbewahrung oder Transport von I 424.
Nährbodenbereitung I 422.
Nährboden, Eier- III 581.
Nährboden mit Blut-Alkalilösungzusatz I 428.
— — Blutzusatz I 428.
— Chinablau-Agar I 428.
Nährboden nach Aronson I 428.
— — Dieudonné III 586.
— — Drigalski-Conradi I 428.
— — Endo I 428.
— — Löffler III 570.
— — Thiel III 573.
— — Wassermann III 521.
Nährböden, fertige I 429.
Nährboden, Filtration I 422.
Nährböden, gelatinierende I 418, 426.
Nährboden mit Hirnbreizusatz I 428.
— Klärung des I 423.
— mit Koffeinzusatz I 428.
Nährböden, Konzentration des Nährsubstrates I 420.
Nährbodenküche I 576.
Nährböden für künstliche Züchtung I 417.
Nährboden mit Malachitgrünzusatz I 428.
— Neutralrot-Traubenzuckeragar I 428.
Nährböden, Ragit- I 429.
Nährboden, Reaktion des I 420.
Nährböden, regenerieren von gebrauchten I 428.
— Trocken- I 429.
— wichtigsten I 425.
— mit Zusatz von menschlichem Serum I 428.
— mit Zusatz von Zuckerarten I 428.
Nährbrühe (Nährbouillon) I 427.
Nährgelatine I 428.
Nährgeldwert II 30.
Nährschäden II 12, 29.
Nährstoff Heyden II 428.
Nährstoffe, akzessorische II 22.
— Ausnutzungsversuche II 53.
Nährstoffe, Standartwerte für die Haupt- II 14.
Nährwert, Sonder- II 23.
Nagetiere, Pest bei III 555.
Nahrung, Beurteilung oder Zusammenstellung einer II 15.
— biologische Wertigkeit der II 11.
— Ersatzfaktor der II 11.
— inkomplette II 9.
— Methoden zur Zusammenstellung und Beurteilung der II 2.
— Verdaulichkeit der II 26.
Nahrungsbedarf für öffentliche Anstalten II 33.
— für Familien, Berechnung II 33.
Nahrungs-Einheits-Milch II 21.
Nahrungs- u. Genußmittel, Verfahren zur Feststellung von Arsen und Zinn in gefärbten II 309.
Nahrungsmittel, Abwechselung, Appetitlichkeit und Ekel II 29.
— Ausnutzung II 7, 9.
— Berechnung des Verbrauches eines ganzen Volkes II 37.
— genießbare II 40.
— 100 Teile frische Marktware enthalten: II 16.
— schematische Beurteilung vom hygienischen Standpunkt II 40.
— ungenießbare II 40.
Nahrungsmittelinfektion III 548.
Nahrungsmitteluntersuchung, Anwendung des biologischen Verfahrens II 796.
Nahrungsmittelverderben durch ungeeignete Gefäße II 39.
— — Aufbewahren in ungeeigneten Räumen II 39.
— — die Tätigkeit von Kleinlebewesen II 39.
— — oxydierende Wirkung der Luft II 39.
Nahrungsmittelverderbnis, Grundsätzliche Beurteilung II 39.
Nahrungsmittelvergiftung III 548.
Nahrungsmittel, Wassergehalt II 28.
— Zubereitung der pflanzlichen II 28.
— — zu Speisen II 26.
Nahrungsvolumen u. Sättigungswert II 28.
Naphthalinblauprobe nach A. E. Vogel II 149.
Naphthole, Nachweis III 94.
Naragheizung III 275.
Narkose bei Tierimpfungen I 482.
Nasendiphtheroid, chronisches III 570.
Nasturtium officinale II 219.
Natalitätstafeln I 103.
Natriumchlorid, Desinfektionswirkung III 655.
Natriumhydroxyd. Desinfektionswirkung III 654.

Natriumkarbonat als Desinfektionsmittel III 655.
Natrium oleinicum Agar III 573.
Natriumthiosulfatlösung II 728.
Natronlauge, kohlensäurefreie I 322.
— nitratfreie II 725.
Naturgrün III 138.
Navicula crytocephala I 1087.
Nebel I 656, 662.
— Boden- I 662.
Necator americanus III 626.
Negative Phase I 509.
Negrische Körperchen III 621.
Nelken II 332.
Nennwert II 21.
Neoformationshypothese III 355.
Nephelia vulgaris I 1087.
Nephelometer I 187.
Nesselblätter II 219.
Neßlersches Reagens I 707, 917.
Netzmethode I 1082.
Neu-Autan III 665.
Neuluftanlage nach Wolff III 224.
Neuramöbimeter III 390.
Neusalverfahren II 560.
Neutrale Zone im Raum III 206.
Neutralisation I 250.
Neutralisationspunkt, Bestimmung durch elektrische Leitfähigkeit I 322.
Neutralrotagar III 536.
Neutralsalze als Desinfektionsmittel III 655.
Neutrotropie I 70.
Newtonsche Farbenringe I 456.
Nickelsalze, Desinfektionswirkung III 652.
Nickel und Kobalt, elektrolytische Abscheidung von III 113.
— Nachweis III 112.
Niederdruckdampfheizung III 276.
Niederdruckwarmwasserheizung III 272.
Niederschläge I 657.
— abkürzende Zeichen für I 660.
Niederschlagstage, Bestimmung der Zahl I 661.
Nißkamm III 677.
Nißl-Schollen III 359.
Nissen III 617.
Nitratbestimmung im Wasser, Apparat nach Schulze-Tiemann I 924.
— — — — — Stüber I 926.
Nitrate, qualitativer Nachweis I 920.
— — — durch Brucinreaktion I 920.
— — — mit Diphenylamin I 921.
— — — durch Prüfung mit Nitron I 920.
— quantitative Bestimmung I 921.
— — — mit Brucinschwefelsäure I 921.
— — — — Diphenylamin I 922.
— — gasvolumetrische Bestimmung nach Schulze-Tiemann I 923.
— — gewichtsanalytische Bestimmung nach Busch I 923.
— — maßanalytische Bestimmung I 922.
— — — — nach Frerichs I 922.
— — — — — Marx-Trommsdorff I 922.
— — — — — Ulsch I 922.
Nitrite, Nachweis durch Jodzinkstärkekleister und verdünnte Schwefelsäure I 918.
— — — verdünnte Diphenylaminschwefelsäure I 919.
— — — schwefelsaures Metaphenylendiamin I 919.
— — — α-Naphthylamin-Sulfanilsäure I 919.
— — — Natriumnaphthionat und β-Naphthol I 919.
— — nach Rodillon I 919.
— — — Zlataroff I 919.
— qualitativer Nachweis im Wasser I 918.
— quantitativer Nachweis, kolorimetrisch I 919.
— — — maßanalytisch I 920.
Nitrosoindolreaktion I 446.
Nomogrammtafel nach Kommerell III 371.
Nomographie I 49.
Nonius, Ablesung I 17.
— vortragender I 16.
— nachtragender I 16.
Norm III 471.
Normalkerze III 158.
Normallösungen I 311.
Normalnatronlauge, Herstellung I 321.
Normaloxalsäure, Herstellung I 320.
Normalsalzsäure, Herstellung I 321.
Normalschwefelsäure, Herstellung I 321.
Normalsodalösung, Herstellung I 320.
Normosal I 363.
Notauslässe I 1050.
Nudeln II 182.
Nugat II 312.
Nuller III 425.
Nullinstrumente I 175.
Nullpunktmethode I 173.
Nutramine II 22.
Nutschen I 271.
Nystagmus III 403.

O.

Oberarmumfang, Messung III 479.
Oberflächengestaltung Norddeutschlands I 977.
Oberfläche des Körpers, Berechnung II 3.
Oberflächenspannung I 348.
— Messen der Steighöhe in Kapillaren I 348.
Oberhefe II 251.
Oberschenkelumfang, Messung III 480.
Objektive und Okulare, Bezeichnung der einzelnen I 216.
Objektivmarkierer I 236.
Objektivrevolver I 231.
Objektmikrometer I 237.
Objekttisch I 230.
— heizbarer I 236.
Objektträger, hohl geschliffener I 360.
Obst II 237.
— und Beerenfrüchte, Bestimmung der unlöslichen Stoffe II 242.
— — — — — Asche und der Aschenalkalität II 243.

Obst und Beerenfrüchte, Bestimmung von Benzoesäure, Borsäure, Salizylsäure II 245.
— — — — der Gesamtsäuren II 243.
— — — — — Pektinstoffe II 244.
— — — — — Rohfaser II 245.
— — — — des direkt reduzierten Zukkers und des Gesamtzuckers und Polarisation II 244.
— — — Beurteilung II 246.
— — — Gerbstoffbestimmung II 245.
— Beerenfrüchte, Samenfrüchte, chemische Zusammensetzung II 240.
— — — spez. Gewicht der Lösung, des Filtrates, Gehalt an löslichen Stoffen II 243.
— — — Stickstoffbestimmung II 244.
Obstkonserven II 247.
— Bestimmung von Kupfer II 249.
— — der schwefligen Säure II 249.
— — von Zink nach A. Halenke II 248.
— — — — — L. Janke II 249.
— Beurteilung II 249.
— Ermittelung von Teerfarben II 249.
— Verfälschungen II 248.
— Wasserbestimmung II 248.
Obstkraut II 278.
Oechsle Grade II 444.
Öffnungswinkel III 180.
Öffnungswinkelmesser nach F. Gotschlich III 187.
Ofengröße, Fragebogen zur Auswahl der geeigneten III 264.
Ohlmüllers Apparat III 632.
Ohm I 172.
Ohmsches Gesetz I 172.
Oidium I 357, III 590.
— astaci II 718.
Oktave III 155.
Okulare I 214, 217.
Okularblende I 204.
Okular, Goniometer- I 236.
— „Homal"- I 214.
— Huygenssches III 217.
— Meßtrommel- I 237.
— periplanatisches I 214.
— komplanatisches I 214.
Okularmikrometer I 237.
— Kompensations- I 214.
— orthoskopisches I 214.
Okular „Phoku" I 230.
— Spektral- I 236.
— Strichkreuz- I 233.
Okularzählscheibe I 236.
Okular, Zeichen- I 229.
— mit beweglichem Zeiger I 236.
Öl, Baum- II 655.
— Baumwollsamen-, Verfälschungen II 655.
— Erdnuß-, Verfälschungen II 655.
Öle, gehärtete II 655.
Öl, Kohlsaat- II 655.
— Kolza- II 655.
— Oliven- II 655.
— — Verfälschungen II 655.
Öl, Raps- II 655.
— Reaktionen auf Trane nach Tortelli und Jaffe II 647.
— — — — — Hexa- und Oktobromidprobe II 647.
— Rüb- II 655.
— Sesam-, Verfälschungen II 655.
Öle, Speise- II 622.
Oleorefraktometer von Amagat und Jean II 633.
Oleomargarin II 654.
Oligodynamische Wirkung I 363, III 651.
Ombrograph I 658.
„Oms"-Fischwasser-Hausklärgrube III 299.
Oospora II 205.
Ookinet III 611.
Oozyste III 611.
Operationsbrett für Tierversuche I 484.
Opsonine, Bestimmung I 521.
Opsonischer Index I 521.
Optimale Nährböden III 633.
Optische Dicke I 178.
Optische Methoden I 177.
Orangen II 238.
Ordinate I 43.
Ordinatenmaßstab, Anfangswert I 51.
— vergrößerter I 51.
Organellen I 357.
Organische Stoffe, Zerstörung I 1038.
— Substanzen in Luft, Bestimmung I 712.
— — — — — nach Uffelmann I 712.
— — — — — Weichardt I 712.
— — Bestimmung der im Wasser enthaltenen I 926.
— — Bestimmung des Glührückstandes I 927.
— — — — Glühverlustes I 927.
— — Messung der Oxydierbarkeit der im Wasser enthaltenen I 927.
— — im Wasser, Bestimmung nach Kubel-Tiemann I 928.
— — — — — — Schulze-Trommsdorff I 929.
— Verunreinigungen, chemische Untersuchung des Wassers auf I 907.
Organismen, mesosaprobe I 1087.
— oligosaprobe I 1088.
— polysaprobe I 1087.
Ornithodorus moubata III 592.
Organotrope Stoffe III 666.
Orientierung der Klassenzimmerfront III 490.
— — Wohnräume nach den Himmelsrichtungen III 311.
Orthokresol, Desinfektionswirkung III 658.
Ortshelligkeit I 669.
— photographische Meßmethode nach Wiesner I 669.
— — — — Weber-König I 670.
Oryza II 100.
Oscillatoria limosa I 1087.
Oscinis frist. II 106.
Osmose, Elektro- I 396.
Osmotischer Druck I 346.
Oxalsäure, Normal- I 320.

Oxydationsmittel, Desinfektionswirkung III 656.
Oxydationsprozesse I 250.
Oxydierende Wirkungen der Mikroben I 446.
Oxydimetrie I 314.
Oxyuris vermicularis III 625.
Ozon I 705.
Ozonbestimmung nach Brunk I 706.
— — Miquel I 706.
Ozon, Desinfektionswirkung III 656.
— Nachweis mittels Tetramethylparaphenylendiaminpapier I 705.
— — — Manganchlorürpapier I 706.
— Nachweis im Wasser I 958.
Ozonisierung III 223.
Ozonröhre I 705.

P.

Padlewski-Agar II 686.
Paeonin III 145.
Palmbutter II 654.
Palmensago II 159.
Palmöl II 654.
Palmograph nach Brezina III 398.
Panicum-Arten II 100.
Panin II 99.
Pantherpilz II 221.
Pantherpilze, Giftwirkung II 223.
Papierkörbe in Schulen III 492.
Paprika II 338.
Paracolibazillen I 940.
Paradiesfeigen II 239.
Paradoxe Reihe III 544.
Paraform III 660.
Paraformaldehyd III 660.
Paraform-Kaliumpermanganatverfahren III 665.
Paragan III 666.
Parakresol III 658.
Paramaecium putrinum-Arten I 1087.
Paranüsse II 241.
Parasiten, fakultative I 462.
— obligate I 462.
— in inneren Organen III 526.
— pathogene pflanzliche III 588.
Parasitotrope Stoffe III 666.
Parasolschwamm II 220.
Paratyphus-A-Bazillus III 547.
Paratyphus-B-Bazillus III 547.
Paratyphus-Enteritidiskeime im Fleisch II 681.
Parautan (Bayer) III 666.
Paravariabilität III 733.
Parmetol III 669.
Passagevirus III 621.
Pasten II 292.
Pasteurella III 555.
Pasteurisierungsverfahren II 594.
— Hoch- II 595.
Pasteursche Wutschutzimpfung III 621.
Pastinaca sativa L III 209.
Pastinak II 209.
Paul-Ginsscher Korneaversuch III 618.
Pausen, Schul- III 500.
— in gewerblichen Betrieben III 426.
Pavillonbau III 489.
Pediculus vestimenti III 615, 673.
„Pegallac"-Flüssigkeit I 943.
Peitschenwurm III 625.
Pekarisierungsprobe II 142.
Pellagra II 100.
Peligotsche Röhre I 691.
Pencedanum Pastinaca II 209.
Penetrationskraft des Dampfes III 645.
Penicillium II 105, III 590.
Pentaden I 609.
Pentanlampe III 158.
Pentosane (und Pentosen), Bestimmung II 71.
Peptisation I 254.
Pepton I 426.
Peptonwasser I 429, III 587.
Pergenol, Desinfektionswirkung III 656.
Perhydrol Merck, Desinfektionswirkung III 656.
Perioden der Streckung und Fülle III 473.
Perlsago II 159.
Perlsucht I 667.
Perlzwiebel II 214.
Permanganatlösung, Bereitung einer I 315.
— Einstellung der I 315.
Peroxole, Desinfektionswirkung III 656.
Peroxyde, organische, Desinfektionswirkung III 656.
Peroxydasen II 579.
Persipanware II 312.
Personalkarten I 120.
Perubalsam als Entlausungsmittel III 677.
Pest, epidemiologische Erforschung III 560.
— Gewinnung des Untersuchungsmaterials III 558.
— Karbunkel- III 557.
— Lungen- III 558, 561.
— Nachweis durch serologische Methoden 557 III.
— -Pneumonie III 560.
— -Pustel III 557.
Pestbazillus III 555.
— „pneumotrope" Variante des III 561.
Pestmaske I 584.
Petersilienkraut II 218.
Petrischalen I 436.
Petroleum, zur Vernichtung von Ungeziefer III 677.
Petroleumheizung III 256.
Petroleumprüfer nach Abel III 179.
Petroselinum sativum II 218.
Pettenkofersche Ente I 691.
Ptomaine I 448.
Pfahlkratzer I 1080.
Pfeffer II 339.
— Zusammensetzung der verschiedenen II 340.
Pfeiffersche Versuch I 502, 517, III 588.
Pfeiffersches Phänomen II 745.
Pferdefleisch, Gutachten für den biologischen Nachweis in der Auslandsfleischbeschau II 818.
— — — — — — — — Wurst (Nahrungsmittelgesetz) II 818.

Pferdefleisch, Gutachten über eine biologische Untersuchung II 819.
— Zusammenstellung der Stoffe und Geräte, die für den biologischen Nachweis notwendig sind II 813.
Pferdefleischnachweis in der Wurst durch die Komplementbindungsreaktion II 807.
Pfifferling, falscher II 221.
Pfirsich-Aprikosenkerne an Stelle von Mandeln, Nachweis II 245.
Pfirsiche II 239.
Pfirsichkerne II 246.
Pflanzenfaser, quantitative Bestimmung der Bestandteile II 69.
Pflanzliche Lebensmittel II 97.
Pflaumen II 238.
— als Nährbodenzusatz I 432.
Pflaumenkerne II 246.
Pflichtmitglieder I 120.
Phänogenetik III 692.
Phänologische Beobachtungen I 676.
Phäseolus vulgaris II 217.
Phallus impudicus II 221.
Phase, negative I 521.
Phenanthren-Röhrchen zur Prüfung der Desinfektionsapparate III 649.
Phenol, Desinfektionswirkung III 658.
Phenole, Nachweis III 92.
Phenolkoeffizient, Bestimmung III 635.
Phenolphthalein als Indikator I 325.
Phenolschwefelsäure II 725.
Phoenix dactylifera L. II 239.
Pholiota mutabilis II 220.
Phosgen, Nachweis III 85.
Phosphate, Nachweis im Wasser I 911.
Phosphoreszenzlicht, keimtötende Wirkung III 638.
Phosphor, quantitative Bestimmung bei Stoffwechselanalyse II 55.
Phosphorsäure, alkalimetrische Bestimmung nach Neumann II 56.
— Bestimmung mittels Uranylazetat I 314.
— Desinfektionswirkung III 653.
— bei Ermüdungsvorgängen III 658.
Phosphorsalzperle I 289.
Phosphortrichlorid, Nachweis III, 86.
Phosphorwasserstoff, Nachweis III 86.
Photometer, Bestimmung der abgeleiteten Konstanten III 166.
— — — Grundkonstanten III 166.
— — — Konstanten III 166.
— von Bouger III 161.
— Fettfleck- von Bunsen III 161.
— Flimmer- III 168.
— Graukeil- I 670.
— nach Krüß III 171.
— Relativ- III 193.
— von Weber I 669, III 162.
— nach Wingen III 171.
Photometerbank III 161.
Photometerkopf III 161.
Photometrie des gefärbten Lichtes, Tabelle nach L. Weber zur III 170.
Physikalische Methoden I 130.
Phytophthora infestans II 205.
Piefkesches Diagramm I 951.
Pikrylbraun III 145.
Pilzarten, Zusammensetzung einiger wichtiger II 222.
Pilze II 220.
— Brand- II 104.
— eßbare II 220.
— giftige II 221.
— Mehltau- II 104.
— Nährwert II 223.
— Rost- II 105.
— Schimmel- II 105.
— Schmarotzer- II 104.
— Schwärz- II 105.
Pilzgifte, Nachweis bei Pilzvergiftungen II 223.
Piment II 343.
Pinzette, Cornet- I 369.
Pioskop II 552.
Pipetten I 142.
Pipettenfehler I 451.
Pipetten, Meß- I 142.
— Normal- I 144.
— Präzisionsmeß- I 143.
— Sicherheits- I 587.
— Sicherheitsvorrichtungen für I 144.
— Voll- I 142.
Pirus communis II 238.
— malus II 238.
Pisangfeigen II 239.
Pistaceen II 241.
Pisum sativum II 217.
Pityriasis III 589.
Planimeter I 18, III 325.
Planktonkammer I 1077.
Plankton, Kultur I 1082.
Planktonlupe I 1077.
Planktonmembranfilter I 1077.
Planktonnetz I 1073.
Planktonsieb I 1079.
Planktonuntersuchungen, Behandlung der Proben im Laboratorium I 1082.
— Grundproben I 1083.
— Uferproben I 1083.
Planktoskop I 1077.
Plasmodium vivax III 607.
— malariae Laverani III 607.
— immaculatum III 607.
Planorbis III 627.
Plantago major II 219.
Plasmolyse I 363.
Platindraht, Fehler beim Ausglühen I 583.
Platingeräte I 264.
Platin-Kobalt-Lösung nach Allan Hazen und Whipple I 847.
Platinösen, richtiges Ausglühen I 437.
Plattenkultur I 436.
Plattenverfahren, Ersatz für das I 441.
Pleomorphismus, Lehre vom I 354.
Plethysmograph, Anwendung III 368.
Pleurotus ostreatus II 221.
Pneumokokken III 518.
— Typenbestimmung III 520.
Pneumonie, epidemiologische Erforschung III 521.

Pocken III 618.
Pockenkrankheit der Karpfen II 716.
Poiseuillesches Gesetz I 387.
Polarisationsapparate I 188.
— Beleuchtungsquelle I 192.
— Beobachtungsröhren bei I 193.
— Konstruktion I 190.
Polarisiertes Licht, Untersuchung im I 229.
Polariskop nach Savart I 192.
Polaristrobometer nach Wild I 192.
Polenske, Differenzzahl nach II 629.
Polenta II 99.
Polenta nera II 101.
Poliomyelitis acuta III 623.
Polkörnchenfärbung nach Neisser III 571.
Polyeidoskopie III 389.
Polygonum Fagopyrum L. II 101.
Polymerie III 706.
Polymerisierung I 250.
Polymeter I 656.
Polyneuritis II 93.
Polyporus confluens II 220.
— ovinus II 220.
— vaporarius III 347.
Polytoma uvella I 1087.
Popkorn II 99.
Ponogene III 356, 436.
Porengröße, wirksame I 768.
Porenhausschwamm III 347.
Porenvolumen, Bestimmung I 760, III 315.
— des Bodens I 759.
— der Kleidung III 11.
Porree II 214.
Portulaca oleracea II 219.
Potentialgefälle I 673.
Potenzpapier I 53.
Präexistenzhypothese III 355.
Präparat, Ausstreichen I 365.
Präparate, Abspülvorrichtung für gefärbte I 369.
Präparate, ermüdungsvorbeugende und leistungssteigernde III 441.
— Fixierung I 365.
Präparat, Fixierung ohne vorangegangenes Trocknen I 366.
— gefärbtes I 364.
— Lufttrocknen I 365.
— ungefärbtes I 359.
Präzipitable Substanz I 535.
Präzipitat I 535.
Präzipitinogen I 535.
Präzipitine II 745.
— heterogenetische II 748.
Präzipitin, Hitze-, Alkali- II 791.
Präzipitine, Thermo- I 535.
Präzipitierende Antisera, Auswahl des Injektionsmaterials II 754.
— — definitive Blutentnahme und Gewinnung des Antiserums II 762.
— — Gewinnung des Injektionsmaterials II 755.
— — Herstellung II 752.
— — notwendige Eigenschaften II 764.
— — — — nach Nuttall u. Juchley II 770.
Präzipitierende Antisera, Probeblutentnahme zwecks Antiserumprüfung II 761.
— — Spezifitätsbestimmung II 773.
— — — nach Uhlenhuth und Beumer II 771.
— — — — Wassermann und Schütze II 771.
Präzipitierendes Antiserum, Abfüllen II 767.
— — Opaleszenz II 769.
— — Titerbestimmung II 770.
Präzipitierende Sera, Konservierung II 773.
— — spontane Eiweißausfällungen II 774.
— — trockene II 773.
Präzipitierungseinheit II 771.
Präzipitierungsserum, Normal- II 771.
Präzipitoid I 535.
Preißelbeeren II 239.
Preßluft II 251.
Preßköpfe III 220.
„Presumtive test“ I 943.
Primäraffekt, tuberkulöser III 577.
— bei Lepra III 583.
Prisma, Amici- I, 180.
— Vorsatz- I 180.
Prismen, Nicollsche I 188.
Probanden III 694.
Probefilter nach Baer I 717.
Produktmomentmethode III 725.
Profillotungen I 1081.
Propylalkohol, Desinfektionswirkung III 657.
Protargol III 652.
Protargol, antiseptische Wirkung III 652.
Proteidammoniakbestimmung I 930.
Protein, Rein-, Bestimmung nach Barnstein II 63.
— Roh- II 63.
Proteinstickstoff, Rein- II 63.
Proteolysine I 520.
Proteusbazillus III 534.
Protozoen I 357.
— pathogene III 602.
Provokation der latenten Malaria III 609.
Provokationsmittel bei Gonokokkeninfektionen III 522.
— bei der Lues III 599.
Prozentgehalt I 243.
Prunellen II 239.
Prunus-Arten II 238.
Psaliotta campestris II 220.
Pseudodiphtheriebazillen III 573.
Pseudodysenteriebazillen III 551.
Pseudomeningokokken III 524.
Pseudomilzbrandbazillen III 528.
Pseudopodien I 357.
Pseudotuberkulose der Nagetiere III 555, 557.
Psychogalvanisches Reflexphänomen nach Veraguth III 361.
Psychrometer I 643.
— Aspirations- I 649.
— nach August I 643.
— Schleuder- I 646.
Psychrometerformel, Augustsche I 645.
Psychrometertafel nach Jelinek I 643, 645.

Psychotechnische Arbeitsprüfung III 68.
Puccinia-Arten II 105.
Puddingpulver II 163.
Puffer I 329.
Pufferdiagramm nach Sörensen I 334.
Puffersubstanzen III 364.
Pulex cheopis III 555.
Pulsdruckamplitude III 365.
Pulsions- oder Drucklüftung III 218.
Pulsuntersuchung zum Nachweis von Erregung und Ermüdung III 368.
Pumpe I 827.
Punschessenzen II 441.
Purkinjesches Phänomen III 168.
Pyranometer I 668.
Pyrheliometer I 666.
— Kompensations- I 667.
Pyramidendiagramme, zweiseitige I 58.
Pyknometer I 148, 759.
Pyokokkus III 511.
Pyozyanase I 445.
Pyricit, Desinfektionswirkung III 655.
Pyrometer, optisches III 230.
Pyrotoxin von Centanni I 448.

Q.

Quadratgrad III 181.
Quäker-Oats II 119.
Quartile I 31.
Quecksilber, Bestimmung in der Luft III 137.
— elektrolytische Bestimmung III 137.
— gesundheitliche Schädigung durch III 136.
— qualitative Bestimmung III 136.
Quecksilber-Skalen-Kontaktthermometer nach Wolffhügel III 650.
Quecksilber, Vorkehrungen beim Arbeiten mit I 265.
Quecksilberäthylendiaminsulfat III 652.
Quecksilberbogenlampen III 155.
Quecksilberdampflampen, keimtötende Wirkung III 638.
Quecksilberoxyzyanid als Desinfektionsmittel III 652.
Quecksilbersalze als Desinfektionsmittel III 651.
— Prüfungsmethodik auf desinfizierende Wirkung III 652.
Quellen, aufsteigende I 805.
Quelle, Beurteilung I 830.
— Fassung I 830.
— Hoch- I 805.
Quellen, Rohrleitung I 831.
— Schicht- I 973.
— Spalt- I 973.
— Schutt- I 805.
— sekundäre I 806.
— Überfall- I 973.
Quellfassung mit Einsteigschacht I 831.
Quellhorizonte I 805.
Quellung I 254, 345.
Quetschwasser I 438.
Quitten II 238.

R.

Rabies III 620.
Rachen-Bies-Fliege II 699.
Rachitis, Erzeugung bei Ratten II 93.
Rachitis und Wohnung III 292.
Radiatoren-Gasheizofen III 257.
Radiatoren, Zahlentafel der Wärmedurchgangszahlen für die gangbaren Bauhöhen gußeiserner III 279.
Radieschen II 209.
Radikale I 243.
Radioaktivität der Luft I 675.
— Bestimmung in Mineralwässern I 853.
Radiometer III 231.
Radiumstrahlen, Wirkung auf Bakterien III 639.
Raffinade, flüssige II 303.
Rahm II 612.
— Untersuchung II 613.
Rangoonbohnen II 121, 122.
Ranziditätsgrade II 634.
Raphanus sativus L. II 209.
Rapunzel II 219.
Rassendisposition I 574.
Rassenimmunität I 574.
Rattenbekämpfung III 679.
Rattenbißkrankheit III 594.
Rattenschwanzlarven I 1087.
Rauch- und Luftsauger nach Wolpert III 220.
Rauchgasanalysatoren III 282.
Rauchgasprüfer III 282.
Rauchplage, Bekämpfung III 255.
Rauhfrost I 662.
Raumlüftungen, verschiedene Arten III 217.
Raumluft, Verschlechterungen III 200.
Raumschwelle III 405.
Raumschwellen, Abhängigkeit von Alter und Geschlecht III 410, 415.
Raumschwelle an verschiedenen Körperteilen III 415.
— Bestimmung III 408.
— Einfluß geistiger und körperlicher Ermüdung III 408.
— Ermittelung durch die Grenzmethode III 408.
— — — — Konstanzmethode III 408.
Raumtemperatur III 235.
Raumwinkel, reduzierter III 181.
Raumwinkelgröße, konstruktive Ermittelung III 185.
Raumwinkelmesser nach Pleier III 190.
— — Weber III 187.
Raumwirtschaft III 294.
Raumzahl III 312.
Rauschbrandbazillus III 532.
Rauschbrot II 105, 108.
Rauschkrankheit II 108.
Reagentien „pro analysi“ I 257, III 101.
— Reinheitsgrad der verwendeten I 257.
Reagenzglasgestell für die Kapillarmethode nach Carnwath II 801.
— nach Uhlenhuth und Beumer II 786.
Reagenzpapier II 774.

Reagine I 537.
Reaktion, anamnestische I 503, 533, III 544.
— amphotere I 324.
— Endpunkt I 307.
— — bei Azidi- bzw. Alkalimetrie I 322.
— heterologe III 544.
— monomolekulare III 630.
Reaktionen, Fehl- III 391.
Reaktionen, quantitative I 255.
Reaktionszeit III 390.
Reaktionszeitbestimmung zum Nachweis von Erregung und Ermüdung III 390.
Reaktivierung I 516.
Rechenblätter, graphische I 37.
Rechenkunstgriffe I 35.
Rechenmaschine I 38.
Rechenmethode zum Nachweis von Erregung und Ermüdung III 383.
Rechenschieber, logarithmischer I 37.
— nach Korff-Petersen I 656.
Rechentafeln I 39.
Rechnen, graphisches I 41.
— mit Logarithmen I 35.
Rechnerische Hilfsmittel I 34.
Rechnung, abgekürzte I 34.
— Genauigkeit der I 22.
Rechts-Linkshänder, Verschiedenheit des Verhaltens der beiden Hemisphären bei III 421.
Recknagelsche Formel II 551.
Recresal III 441.
Reduktionsprozesse I 250.
Reduktionsscheibe, Klinkerfuessche I 656.
Reduktionswirkungen der Mikroben I 446.
Reduktasen II 581.
Reflexphänomen, psychogalvanisches III 361.
Refraktometer I 193.
— nach Abbe I 194.
— Eintauch- nach Pulfrich I 194, 197.
Refraktometergrade nach Zeiss II 632.
Regenmesser I 657.
Regentage, Einfluß auf Klimatik I 662.
Regenversuch, künstlicher I 870.
Regionäre Immunität III 546.
Regression als Maß der Erblichkeit I 69, III 720.
Regulator I 329.
Regulatoren, Membran- I 409.
— metallische I 409.
Regulator, Quecksilber- I 398.
Rehling II 221.
Reibung, innere I 348.
Reichert-Meißl-Zahl II 16.
Reichsfleischbeschaugesetz, Ausführungsbestimmungen A des Bundesrats, § 7, 8 u. 11 II 663.
Reichswohnungszählung am 16. Mai 1927, vorläufige Ergebnisse III 342.
Reif 662.
Reihenvariabilität III 711.
Reineclaude II 239.
Reine Linie I 544.
Reine, unreine Seite III 647.
Reinheit in chemischem und bakteriologischem Sinne I 256.
Reinigungsanlagen I 998.
Reinzüchtung, Methoden I 433.
— von Mikroben I 397.
Reis II 100.
— Eigenschaften II 100.
— verschiedene Sorten II 100.
Reis, Nachweis und Bestimmung von Talk, Speckstein II 116.
— — der mineralischen Farbstoffe II 115.
— — des Öles II 113.
— — von Sirupzusatz II 117.
— Wertbestimmung, Eigenschaften II 100.
Reisbrei als Nährboden I 432.
Reismehl II 130.
Reisspelze, Elemente aus der II 130.
Reisstärke II 130.
Reizapparat nach Alber III 391.
Reizbarkeit III 352.
Reize, unterschwellige III 353.
— Wesen und Arten III 353.
Reizker II 220.
— rotbrauner II 221.
— zottiger II 221.
Reizserum III 595.
Rescherlen II 221.
Resistenzsteigerung, unspezifische I 519.
Respirationsapparate II 73.
Respirationsapparat nach Benedict. III 372.
— — Douglas III 373.
— Kopf- II 74.
— nach Krogh III 374.
— nach G. Lehmann u. E. Müller III 372.
— — Zuntz-Geppert II 74, III 375.
Respirator I 584.
Respiratorischer Gaswechsel, kurzfristige und langfristige Versuche II 72.
— Quotient II 51.
Restitutionskonstante III 374.
Retardin III 359.
Retikulo-endotheliales System I 506.
Rettich II 209.
Revisionsöffnung am Brunnendeckel I 827.
Rezeptoren, freie I 505.
— erster und höherer Ordnung I 505.
Rezeptorenapparat, Umprägung bei Mikroben I 544.
Rhabarberblätter II 216.
— Bestimmung der Oxalsäure II 216.
Rhabarbersäfte, Untersuchung II 215.
Rhabarberstiele II 215.
Rhaphanus sativus L. II 209.
— — griseus II 209.
— — radicula II 209.
Rheostat I 173.
Rhinanthus Alectorolophus Halbr. II 109.
Rhinosklerombazillus III 554.
Rhodankaliumlösung, Herstellung II 59.
Rhoicosphenia curvata I 1087.
Ribes Grossularia II 239.
— nigrum II 239.

Ribes rubrum II 239.
Rickettsia Prowazeki III 615.
Rickettsien III 615.
Rideal - Walker - Desinfektionsmethode III 635.
Rieselfeld I 1061.
Rieselgräben I 1062.
Riesenlorchel II 221.
Rinderbandwurm III 625.
Rinderfinne II 670.
Rinderseuche II 700.
Ringersche Lösung I 363.
Rißpilz II 221.
— ziegelroter, Giftwirkung II 223.
Ritterling, echter II 222.
Roggen II 98.
— anatomische Merkmale II 127.
— Eigenschaften eines guten II 98.
— Querzellen II 126.
— und Weizen und ihrer Mahlprodukte Zusammensetzung II 132.
Roggenkörner, chemische Zusammensetzung II 103.
Roggenstärke II 128.
Rohfaser, Bestimmung nach dem Weender-Verfahren II 69.
Rohkresol III 658.
Rohr, Stich- I 836.
Rohrunterbrecher I 835.
Rohrzucker II 302.
— Bestimmung des Wassergehaltes II 303.
— — — Aschengehaltes und der Alkalinität II 304.
— Beurteilung II 305.
— Nachweis von Farbstoffen II 305.
— — — mineralischen Beimengungen und von Stärkemehl II 304.
— — — Rohrzucker neben Stärkezucker II 304.
— Unterscheidung von Rüben- und Zuckerrohrzucker II 305.
— Verfälschungen II 303.
— Zuckerbestimmung II 304.
— Zusammensetzung II 303.
Rollkultur I 441.
Röntgenstrahlen, Wirkung auf Bakterien III 639.
Rosenkohl II 215.
Rosinen II 239, 247.
— spanische II 247.
Rosolsäure als Indikator I 327.
Rotglut des strahlenden Körpers III 154.
Rothenfußersches Reagens II 579.
Rotifer actinurus I 1087.
Rotkappe II 220.
Rotkraut II 215.
Rötling II 221.
Rotseuche des Karpfen II 716.
Rottäubling II 220.
Rotzbazillus III 567.
Rotzkrankheit III 567.
Rüben II 209.
— Bestimmung des Zuckergehaltes II 210.
— gelbe II 209.
— mittlere Zusammensetzung II 211.
Rüben, quantitative Bestimmung des Betains II 211.
— Teltower- II 209.
Rübenkraut II 278.
Rückfallfieber III 592.
Rücklaufleitungen III 273.
Rührapparate I 258.
Ruhramöben III 602.
Ruhr, epidemiologische Erforschung III 553.
Ruhrbazillen III 551.
Rum II 438.
Rundfilterscheiben I 271.
Rundwürmer II 699.
Ruß, kolorimetrische Bestimmung I 720.
— quantitative Bestimmung I 719.
Rußbestimmungsapparat nach Asher I 721.
Russula alutacea II 221.
— cyanoxantha II 221.
— emetica II 221.
— vesca II 220.
— vivescens II 221.

S.

Sabadillessig als Entlausungsmittel III 677.
Saccharimeter I 192.
— nach Mitscherlich, Wild, Laurent II 210.
— — Soleil-Dubosq II 210.
— — Soleil - Ventzke - Scheibler II 209.
— — Wild II 210.
Saccharin II 321.
— Nachweis und Bestimmung II 322.
— Verfälschungen und deren Nachweis II 323.
Saccharomyzeten I 356.
Sachs-Georgische Reaktion III 601.
Safran II 343.
Sägemehl aus Laubholz II 152.
— — Nadelholz II 153.
Sago-Arrowroot II 159.
Sahneeise II 291.
Saitengalvanometer I 175.
Salami II 797.
Salatgemüse II 218.
— Salatkräuter, Zusammensetzung II 213.
Salat, Endivien- II 218.
— Feld- II 218.
— Garten- II 218.
Salatkräuter II 218.
Salat-, Kopf- II 218.
Salforkose III 675.
— Ersatzpräparat III 675.
Saligenin, Desinfektionswirkung III 658.
Salmonella-Gruppe III 549.
Salpetersäurenachweis I 707.
Salpetersäure als Desinfektionsmittel III 653.
Salpetersäurekochprobe II 785.
Salpetrige Säure, Nachweis I 707.
Salverfahren II 560.
Salz II 360.
Salzbildung I 250.

Salze, Hydro- I 245.
— neutrale I 245.
— normale I 245.
— Oxyd- I 245.
— Oxydul- I 245.
— Oxy- oder Hydroxy- I 245.
Salzgurken II 225.
Salzsäure, Desinfektionswirkung III 653.
— Nachweis III 85.
Salzungsversuch I 822.
Sambucus nigra II 239.
Sameneiweiß II 102.
— der Steinnuß II 153.
Samenschale II 102.
Samenhaut II 102.
Samenfrüchte II 237; s. auch unter Obst.
Samenöle, Belliers Reaktion zum Nachweis pflanzlicher II 646.
Sammelklasse III 503.
Sammelmolkerei als Ansteckungsquelle I 569.
Sandbad I 281.
Sandfiltration, altes englisches System der langsamen I 949.
Sapo Kalinus, viridis, niger, Desinfektionswirkung III 655.
Saponaria Vaccaria L. II 109.
Saprol III 659.
Saprolegniasis II 716.
Saprophyten, toxische I 462.
Sarcina tetragena III 526.
— ventriculi I 1087.
Sarcosporidien II 699.
Sarzine I 356.
Satanspilz II 221.
Satureja hortensis II 218.
Sättigungsdefizit, physiologisches I 655.
Sättigungswert der Nahrungsmittel II 29.
Säuerungsprobe nach C. Flügge I 942.
Säuglingssterblichkeit I 102, 113.
— Bedeutung der Wohnweise für die I 117.
— bei ehelichen und unehelichen Kindern I 117.
— Berechnung nach Lebensmonaten I 115.
— Einfluß der Ernährung I 116.
— — — Geburtenhäufigkeit und Geburtenfolge I 117.
— — — sozialen Lage der Familie I 116.
— — — Stilldauer I 116.
— — — Temperatur I 115.
— Wirksamkeit der Fürsorgebestrebungen I 117.
— Zerlegung nach Geschlecht I 114.
— — — jahreszeitlichen und Witterungsverhältnissen I 115.
Sauergemüse II 225.
Sauerkirschen II 239.
Sauerkraut II 225.
— Bestimmung des Säure- und Zuckergehaltes nach Feder II 230.
— Beurteilung II 234.
— Nachweis von Mannit II 230.
— Untersuchung und Zusammensetzung II 230.
Sauerstoff, Absorptionsmittel für I 692.
Sauerstoff, Bestimmung I 692.
— — des in Wasser gelösten freien I 900.
Sauerstoffbestimmung, Entnahmeflasche für I 902.
— in Wasser, Entnahmeapparat nach Behre und Thimme I 903.
— luftdichter Verschluß der Flasche zur I 905.
— Pipetten für die Reagentien zur I 905.
Sauerstoff, freier, Bestimmung durch gasvolumetrisches Verfahren nach K. B. Lehmann I 901.
— — — — maßanalytisches Verfahren nach L. W. Winkler I 902.
Sauerstoffgehalt des Wassers I 900.
Sauerstoffdefizit I 900.
Sauerstoffverbrauch während geistiger Arbeit III 376.
Sauerstoff, quantitative Bestimmung des freien I 901.
Sauerstoffzehrung I 900.
Sauerteig zur Brotbereitung II 182.
Saugapparat I 1005.
Säurefeste Bazillen III 579.
Säuregehalt I 320.
Säuregrad I 320, 328.
— nach Burstyn II 634.
— — Köttstorfer II 634.
Säuren I 247.
— desinfizierende Wirkung III 653.
— Vorprüfung auf I 289.
Scarlatina III 623.
Schafeuter II 220.
Schalenfrüchte II 239.
Schalenobst II 239.
Schallbekämpfung für das Wohnhaus III 306.
Schallschlüssel III 391.
Schanker, weicher III 563.
Schanz-Glas-Brille I 664.
Schardinger Enzym II 581.
Schärfe (Präzision) eines Resultats II 23.
Scharlach III 623.
Scharlachserum III 623.
Scharlachdiphtherie III 569.
Schattenmessung III 177.
Schatten, Schlag- III 177.
Schattenzeit I 665.
Schaumorgane III 532.
Schaumprobe II 785.
Schaumweinbereitung II 446.
Schauzylinder I 185, 848.
Scheidetrichter I 269.
Scheinerscher Versuch III 401.
Schieferöl zur Fliegenbekämpfung III 678.
Schiefertafeln III 469.
Schicksche Probe III 575.
Schildkröten II 719.
Schilfmesser I 1080.
Schilfsäckchen I 433.
Schimmelpilze I 356, III 347.
Schimmelpilzerkrankungen beim Geflügel II 700.
Schistosomum haematobium III 627.

Schistosomum mansoni III 627.
— japonicum III 628.
Schizogonie III 610.
Schizont III 610.
Schizomyzeten I 355.
Schizotrypanum Cruzi III 604.
Schlachtraumspülwasser I 1067.
Schlachtviehbeschau II 661, 662.
Schlafkrankheit, afrikanische III 604.
Schlämmanalyse I 753.
Schlämmapparat nach J. Kopecky I 757.
— — Kühn I 753.
— — Nöbel I 754.
— — Schöne I 755.
Schlamm, Aktivierung I 1061.
Schlammanalyse, Fehler I 758.
Schlamm, Aschebestimmung I 1047.
Schlammbänke I 1053.
Schlamm, Bestimmung der organischen Stoffe I 1047.
Schlamm, Fettnachweis I 1046.
— Geruchsprüfung I 1046.
Schlamm, Kaliumnachweis I 1048.
— Nachweis von organisch gebundenem Stickstoff I 1046.
— Phosphorsäurebestimmung I 1047.
— Reaktion I 1046.
— Sandbestimmung I 1047.
Schlammheber I 1080.
Schlammsieb I 1081.
Schlamm, Untersuchung I 1045.
— Wasserbestimmung I 1047.
Schlammegel I 1087.
Schlammschnecke, große I 1087.
Schlauchkuppelung I 390.
Schlauchzellen II 102.
Schleudergebläse III 220.
Schlittenvorrichtung nach Hesse und Niedner I 460.
Schlittenwechsler I 232.
Schlußdesinfektion III 667.
— Einteilung III 668.
— Gang bei einer chemisch-mechanischen III 680.
— unter Zuhilfenahme der Dampfdesinfektion, Gang einer III 682.
— — — Formaldehyddesinfektion, Gang einer III 681.
— — — — Formaldehyd- und Dampfdesinfektion, Gang einer III 683.
Schmalz II 653.
Schmalzöl II 653.
Schmarotzer, gesundheitsschädliche tierische II 670.
Schmelzen, gefärbte I 289.
Schmelz- und Erstarrungspunkt, Apparat zur Bestimmung nach F. Friedrichs II 628.
Schmelzwasserhöhe I 659.
Schmerling II 220.
Schmerzsinn III 404.
Schmierkultur III 572.
Schmierseife als Desinfektionsmittel III 655.
Schmier- oder Stinkbrand II 104.
Schmutz- und Schmierinfektion III 576.
Schmutzprobe II 537.
Schmutzprüfer II 537.
Schnallenzellen III 348.
Schnecken II 719.
Schneedecke, Messung der Höhe I 660.
Schneepegel I 660.
Schnellfiltration, amerikanisches System I 949.
Schnellhärtung I 372.
Schnittfläche, Abdrücke von der I 372.
Schnittlauch II 214.
Schnittpräparate, Anfertigung I 372.
— Färbung nach Gram I 378.
— gefärbte I 371.
Schnurbrett I 1079.
Schokolade II 389.
Schöpfmethode I 1082.
Schöpfstelle, verschiedene Tiefen I 833.
Schornstein, III 254, 305.
Schornsteinaufsätze III 220.
Schotengemüse II 217.
Schrägschrift III 497.
Schraubenmikrometer I 18.
Schraubenventilatoren III 220.
Schreibhefte III 496.
Schriftarten, gebräuchlichsten III 495.
Schrift, Größe III 495.
Schröpfkopf I 492.
Schrote II 119.
Schublehre I 16.
Schüffnersche Tüpfelung III 611.
Schüttelapparat (Kinotherm) nach Uhlenhuth II 799.
Schulaborte III 491.
Schulärzte III 500.
Schulärztliche Tätigkeit III 500.
Schulbank III 492.
— Breite des Sitzbrettes III 494.
— Distanz III 492.
— Differenz III 493.
— Fußbrett III 494.
— Höhe des Sitzes III 493.
— Lehnenabstand III 494.
Schulbankmaße III 493.
Schulbank, Tiefe der Bank (Sitzraumtiefe) III 494.
— Tischplatte III 494.
Schul-Bauplatz III 488.
Schulbücher III 495.
Schule, Einfluß auf den Organismus III 473.
— Grundstücksgröße III 489.
— Wasserversorgung III 489.
Schulflur III 491.
Schulgebäude, Anlage III 489.
— Treppen III 491.
Schulhaus, Grundrißanordnung III 490.
Schulhorte III 504.
Schulkindergärten III 503.
Schulkinder, schwerhörige III 503.
Schulranzen III 497.
Schulunterricht, ermüdender Einfluß III 498.
Schulutensilien, Einfluß auf den jugendlichen Organismus III 492.

Schulzimmer, Fußboden III 491.
— Größe III 491.
— Tür III 491.
— Wände III 491.
Schutzfermente I 540.
Schutzimpfung, Statistik der Ergebnisse I 124.
Schutzkolloide I 253.
Schwämme II 220.
„Schwämmchen" III 590.
Schwarzwerden des Weines II 447.
Schwarzwurzeln II 209.
Schwebefällung I 367.
Schwebeverfahren I 154.
Schwefel, quantitative Bestimmung bei Stoffwechselanalyse II 57.
Schwefelbohnen II 122.
Schwefelkohlenstoff, Menge zur Wohnungsdesinfektion III 674.
— Nachweis III 87.
— zur Vernichtung von Ungeziefer III 674.
Schwefelkopf, büscheliger II 221.
Schwefelnatriumlösung, Herstellung III 111.
Schwefelsäureapparat für Reinigung von Glasgeräten I 262.
Schwefelsäure, Desinfektionswirkung III 653.
— Nachweis III 86.
— rohe, Desinfektionswirkung III 653.
Schwefelsäure-Torfmull als Desinfektionsmittel III 670.
Schwefelwasserstoff, Bestimmung I 711.
— Prüfung des Wassers auf I 910.
Schweflige Säure, Bestimmung I 710.
— Bestimmung nach Kister I 710.
— flüssige zur Vernichtung von Ungeziefer III 675.
— zur Vernichtung von Kleiderläusen III 673.
Schweinebandwurm III 625.
Schweineblutserum-Nutrose-Agar nach Wassermann III 521.
Schweinefett, Verfälschungen mit Pflanzenfetten II 653.
— — — tierischen Fetten II 653.
— — Nachweis durch die Differenzmethode nach Bömer II 653.
— — — — — Differenzzahl nach Polenske II 653.
— — — — mikroskopische Untersuchung II 653.
Schweinefinne II 670.
Schweinerotlaufbazillus III 567.
Schweineschmalz II 653.
Schweineseuche III 555.
Schwemmkanalisation I 1049.
Schwemmsteinbau III 308.
Schwerekorrektion I 620.
Schwerkraftwarmwasserheizung III 272.
Schwermetalle, als Desinfektionsmittel III 651.
Schwermetallsalze, als Desinfektionsmittel III 651.
Scleroderma vulgare II 221,
Scorzonera hispanica L. III 209.
Secale cereale I 98.
„second wind" III 436.
Sedimentierungsgeschwindigkeit I 349.
Sedimentierungstrichter von E. Spaeth II 150, 537.
Sedimentoskop I 530.
Sehfeldzahl I 217.
Sehnenreflexe, Untersuchung bei angestrengter körperlicher Betätigung III 381.
Sehtiefe, mikroskopische I 214.
Seide III 6.
— Kunst- III 7.
— Roh- III 7.
— Tussah- III 7.
Seidenfädenmethode III 632.
Seifen als Desinfektionsmittel III 655.
Seifenspiritus als Desinfektionsmittel III 657.
Seignettesalzlösung II 139.
Seitenkettentheorie I 505.
Seitenwände III 306.
Sektion I 486.
Sektionsbrett I 487.
Selbstinfektion I 463, III, 517.
Selbstlüftung III 208.
Selbststeuerung des Organismus III 352.
Sellerie II 209.
Selleriekraut II 218.
Semiapochromate I 215.
Semmelschwamm II 220.
Senf II 345.
Senfmehl II 345.
Senkel I 21.
Senkungsgeschwindigkeit I 349.
— der roten Blutkörperchen I 540.
Sensibilisatoren I 506.
Sensibilität, Oberflächen-, Tiefen- III 416.
Septikämie, kryptogenetische III 518.
Serologische Methoden, Versuchsanordnung der I 501.
Seroskop nach Dold I 529.
Serumabfüllröhrchen nach Manteufel II 769.
— — Uhlenhuth II 769.
Serumaufbewahrungsröhrchen nach Nuttal II 769.
Serum, Erstarrung I 430.
Serumfeste Stämme I 500.
Serumreaktionen, unspezifische I 539.
Serumreaktion nach Dold I 539.
— — Jakobsthal I 539.
— — Kottmann I 539.
— — Klausner I 539.
— — Kodama I 539.
— — L. Lange und G. Heuer I 539.
— — Meinicke I 539.
— — Nonne-Apelt I 539.
— — Sachs-Georgi I 539.
— — Pandy I 539.
Sesamöl, Baumwoll-, Nachweis nach Halphen II 646.
— Nachweis nach Baudouin II 646.
— — — Soltsien II 646.

Setaria germanica II 101.
Seuchenausbruch, explosionsartiger I 567.
Seuchenfeld I 567.
Seuchenlaboratorium I 482.
Shirting III 4.
Shoddy III 6.
Sichelkeime III 611.
Sicherheitsbrenner I 410.
Sicherheitsgestell für Gasflaschen I 286.
Sicherheitskammer I 584.
Sichtscheibe I 848, 1077.
Siebanalyse I 752.
Siebkörper, gewölbter I 393.
Siebmethode I 1082.
Siebzylinder für Schnitte I 375.
Siedepunkt des Wassers bei verschiedenen Barometerständen I 165.
Siedepunktserhöhung I 346.
Siedeverzug I 275.
Silber, antibakterielle Wirkung III 651.
Silbernitrat als Desinfektionsmittel III 652.
Silbersalze als Desinfektionsmittel III 652.
Simultanschwelle III 405.
Sinacidlösung II 560.
Sinacidverfahren II 560.
Singulärer Punkt I 65.
Sippschaftstafel III 695.
Sirona II 99.
Sitophus granarius II 106.
Sitzen, schematische Darstellung III 500.
Sitzhöhe, Messung II 22, III 478.
Skalenbeleuchtungsvorrichtung I 183.
Skleroerythrin II 105.
Sklerojodin II 105.
Sklerokristallin II 105.
Skleroxanthin II 105.
Skorbut II 93.
Sklerometer III 369.
Smegmabazillen III 579.
Soda als Desinfektionsmittel III 655.
Sodaauszug zur Auffindung der Säuren III 104.
Sojabohne II 120.
Sokodu III 594.
Soja hispida II 120.
Solanin, Eigenschaften II 208.
Solarkonstante I 667, III 36.
Sollgewicht, ideelles II 20.
Solvatation I 253.
Solvatisierung I 253.
Solzustand I 253.
Sommerlüftung III 221.
Sommertage I 611.
Sonnenbeleuchtungsapparat nach Prausnitz-Benndorf III 324.
Sonnendesinfektion III 639.
Sonnenschein, Dauer I 671.
Sonnenscheinmesser I 671.
Sonnenstandmesser I 665.
Sonnenstrahlung I 665.
— Wirkung I 668.
Sonnenzeit I 665.
Soor I 357.
Soorpilz III 590.
Soziologie I 74.
Spaltpendel III 391.
Spaltpilze I 355.
Spaltungen, hydrolytische I 250.
Spaltungsprozesse I 250.
Spanischer Pfeffer II 338.
Spannungsdefizit I 639.
Spannungstafel I 640.
Sparassis crispa II 221.
Spargel, Asparaginbestimmung, direkte Bestimmung II 212.
— — nach Sachse II 213.
— Bestimmung der Trockensubstanz und Asche im Saft II 213.
— — des Basenstickstoffes II 212.
— — — Gesamteiweißstickstoffes II 212.
— — — Gesamtstickstoffes im Safte II 212.
— — — koagulierbaren Eiweißes II 212.
— Untersuchung der Trockensubstanz II 213.
— — des Saftes und des Pressrückstandes II 212.
Specköl II 653.
Speierlinge II 238.
Speiseeis II 291.
Speisefette, Bestimmung des Schmelzpunktes und Erstarrungspunktes II 628.
— — — spez. Gewichtes II 627.
— Genußfähigkeit und Appetitlichkeit II 623.
— gesetzliche Anforderungen II 624.
— Probeentnahme zur Untersuchung II 626.
— Nachweis fremder Fette II 625.
— — von Nichtfetten II 625.
— Nährwert II 622.
— und -Öle, analytische Werte für die wichtigsten II 656.
Speisemorchel II 221.
Speisen, Nährwert fertiger II 19.
— Zubereitung II 26.
Speiseverluste II 20.
Speiselorchel, Giftwirkung II 223.
Speitäubling II 221.
Sperrflüssigkeit I 410.
Spezifisches Gewicht I 148.
— — Bestimmung I 148.
— — für Luft und Dampf III 645.
Spezifität der Arten I 354.
— Kriterien I 354.
Sphacelinsäure II 105.
Spektra, Absorptions- I 177.
— Emissions- I 177.
— Linien- I 177.
Spektrophotometer (Vierordt) I 187.
Spektroskop I 177.
— Fern- I 183.
— Gebrauch I 183.
— Hand- I 179.
— Interferenz- I 180.
— nach Kirchhoff-Bunsen I 182.
— optische Leistung I 182.
— Prismen- I 180.
— Taschen- I 179.
Spektrum, sichtbares III 155.

Spergula arvensis L. II 109.
Spermazeti-Kerze III 158.
Speziesassanierung III 614.
Sphärische Abweichung I 212.
Sphaerium rivicola I 1087.
Sphärometer nach Rubner III 48.
Sphärotilus I 356, 1087.
Spielplatz III 489.
Spinale Kinderlähmung III 622.
Spinat II 215.
— Untersuchung des Eisengehaltes II 215.
— — der Trockensubstanz II 215.
Spirillen I 356.
Spirillum undula I 1087.
Spirochaeta icterogenes III 593.
— hebdomadis III 594.
— morsis muris III 594.
— pertenuis III 594.
— pallida III 594.
Spirochäten I 357, III 591.
— der Angina Plaut-Vincenti III 592.
— — Framboesie III 594.
— des Gelbfiebers III 593.
— — kurzfristigen Fiebers von Niederl.-Indien III 594.
— der multiplen Sklerose III 594.
— Mund- III 591.
— der Rattenbißkrankheit (Sokodu) III 594.
— des Rückfallfiebers (Rekurrens) III 592.
— — Siebentagefiebers III 594.
— der Syphilis III 594.
— — Weilschen Krankheit (Sp. icterogenes) III 593.
Spitzmorchel II 221.
Spirostomum ambiguum I 1487.
Splenomegalie, tropische III 606.
Spörgel II 109.
Sporadische Fälle I 556.
Sporen I 355, 444.
— Uredo- II 105.
— Teleuto- II 105.
Sporenbildner III 526.
Sporenfärbung I 381.
Sporenprüfungsapparat von Ohlmüller III 633.
Sporizider Wert III 629.
Sporogonie III 610.
Sporotricheen I 356, III 590.
Sporozoiten III 611.
Sprayapparat nach Prausnitz III 665.
Sprinkler I 1058.
Spritze „Exacta“ I 485.
Spritzen, Injektions- I 484.
Sprize, Injektions- nach R. Koch I 485.
— — — Stroschein I 486.
— nach Luer I 484.
— Rekord- I 485.
Sproßpilze I 356, III 590.
Sproßverbände I 357.
Spucknäpfe in Schulen III 492.
Spülapparat, automatischer für Reinigung von Glasgeräten I 262.
Spüljauche, Ergebnis der Untersuchung I 1031.
Spülraum I 576.
Spulwurm III 625.
Sputumdesinfektion III 668.
Stabilität, normale I 83.
— subnormale I 83.
— übernormale I 83.
Stachelbeeren II 239.
Städteheizung III 280.
Stahlbauweisen III 310.
Stalagmometer I 348.
Stall, Quarantäne I 478.
— Seuchen- I 478.
Stallprobe II 526, 533.
Stammbaum III 695.
Stammlänge, Messung III 478.
Stammliste I 558.
Stammlösungen, alkoholische I 366.
Standardabweichung I 31, III 715.
Standardbevölkerung I 107.
Standardproben II 527.
Standardsterblichkeit I 107.
Staphylokokken, epidemiologische Erforschung III 514.
— Feststellung der Virulenz III 513.
Staphylococcus pyogenes III 511.
Staphylokokken und Streptokokken, kulturelle Unterschiede III 513.
Staphylococcus viriflavus II 718.
Staphylokokkenarten III 513.
Staphylokokkenkolonien, Zwergwuchs III 513.
Stärke II 157.
— Bananen- II 161.
— Bestimmung II 65.
— — nach dem polarimetrischen Verfahren von E. Ewers II 137.
— — — — — — — J. Gerum II 138.
— Manioka- II 159.
— Marantas- II 159.
— Kartoffel- II 158.
— Sago- II 159.
— Verfälschungen II 158.
Stärkearten, mikroskopisches Aussehen II 158.
Stärkemehl, Bestimmung der Säure oder des Alkalis II 160.
— Beurteilung II 161.
— Gehalt an Mineralstoffen II 161.
— — — Stickstoffsubstanzen II 161.
— Mineralstoffzusätze, Bleichen und Auffrischen II 161.
— Nachweis von Zellstoffresten II 161.
— Untermischung geringwertiger Stärke unter hochwertige II 161.
— verschimmeltes II 162.
— Wassergehalt II 161.
Stärkesirup II 305.
Stärkezucker, Bestimmung der Asche II 306.
— — — Säure II 306.
— — von schwefliger Säure II 307.
— — des Wassers, Extraktes II 306.
— — der in Wasser unlöslichen Stoffe II 306.
— — von Zucker und Dextrin II 307.

Stärkezucker, Eigenschaften und Zusammensetzung II 306.
— Gewinnung II 305.
Statistik I 74.
— der Ergebnisse prophylaktischer und therapeutischer Maßnahmen I 120.
— und Experiment I 75.
— Gewinnung des Urmaterials I 86.
— historische I 86.
— und höhere Mathematik I 83.
— hygienische, Anwendungen der Methoden I 98.
— Individual- I 88.
— internationale I 85.
— medizinische I 75.
— primäre I 86.
— sekundäre I 86.
— staatliche I 86.
— Städte- und Eingemeindung I 100.
— therapeutische I 86.
— Vollständigkeit des Materials I 88.
Statistische Erhebungen, Kunstgriffe bei I 90.
— Methode, Einwände gegen die I 84.
— Verhältniszahlen I 91.
— — analytische oder Gliederungsverhältnisse I 92.
— — genetische oder Intensitäts- oder Häufigkeitsverhältnisse I 92.
— — Koordinationsverhältnisse I 92.
Statistischer Vergleich I 95.
— — statistisch-geographische Methode I 96.
— — lokalstatistische Methode I 96.
— — topographische Methode I 96.
Stativ I 230.
Stäubchen, Atembarkeit I 729.
— Infektionsgefahr I 732.
— in der Luft, Methoden zur Untersuchung infektionsverdächtiger I 726.
— Prüfung der Flugfähigkeit I 727.
Staub, Fixierung am Boden III 225.
— flugfähiger, TB-haltiger III 582.
— Hadern- III 77.
— Holz- III 77.
— Messingdreherei- III 77.
— Messingschleif- III 77.
— Nachweis in der Luft I 713.
— Sandstrahlgebläse- III 77.
— Thomasschlacken- III 77.
Staubbestimmungen, gewichtsanalytische I 717.
— — nach Ahrens I 719.
— — — Hahn I 717.
— — — Simon I 717.
Staubeinflüsse III 77.
Staubfilter III 78.
Staubgehalt der Luft III 225.
Staubinhalationsapparat nach K. B. Lehmann I 730.
— — Reichenbach I 732.
— — Sticher I 734.
Staubzähler nach Aitken I 714.
Staugeräte III 214.
Staurohr nach Brabbée III 214.
Stauscheibe nach Krell III 214.
Stechmücken, Bekämpfung III 673.
Steckrüben II 215.
Stegomya calopus III 594.
Steilschrift III 497.
Steinbeeren II 238.
Steinbrand II 104.
Steinfrüchte II 238.
Steinhäger II 439.
Steinpilz II 220.
Stentor coeruleus I 1087.
Sterbenswahrscheinlichkeit, Berechnung I 109.
Sterbetafeln I 109.
— Massenmethode zur Berechnung der I 109.
Sterbeziffer I 104.
— Berücksichtigung der Altersverhältnisse bei Berechnung I 107.
— korrigierte I 107.
— rohe I 107.
Sterblichkeit, allgemeine I 104.
— an Lungenschwindsucht im Verhältnis zum Einkommen III 289.
Sterblichkeitstafel für Stadt und Land I 105.
Sterilisation, diskontinuierliche oder fraktionierte I 404.
— von Flüssigkeiten I 404.
— im gespannten Dampf I 402.
— durch ultraviolette Strahlen I 404.
Sterilisator, Heißluft- I 398.
— Instrumenten- I 400.
Sterilisierung I 397
— durch Ausglühen I 397.
— durch Auskochen I 399.
— im Dampf I 400.
— durch flüchtige chemische Desinfizientien I 404.
— — Hitze I 397.
— — trockene Hitze I 397.
Stern-Reaktion II 690.
Sternsche Fuchsinbouillon II 690, 691.
— Modifikation der Wa-R III 600.
Sternanis II 347.
Sterz II 101.
Stichprobe I 88.
Stichersche Röhrchen III 649.
Stickstoff, Amid- II 63.
— Bestimmung I 694.
— Gesamt-, quantitative Bestimmung nach Kjeldahl II 54.
Stickstoffbestimmung in eiweißhaltigen Substanzen II 55.
— im Harn II 55.
Stickstoffbilanz II 47.
Stickstoffgleichgewicht II 47.
Stickstoffhaltige Umsatzprodukte im Wasser, Bestimmung I 916.
Stigeoclonium tenue I 1087.
Stinkmorchel II 221.
Stöchiometrische Berechnungen I 249.
Stockessche Flüssigkeit I 708.
Stockschwamm II 220.
Stockwerke, Sterblichkeit in den einzelnen III 291.

Stoffwechsel, Eiweiß-, Stickstoff- II 47.
— Kohlehydrat- und Fett- II 50.
— Methoden zur Untersuchung des II 41.
— Nuklein- II 51.
— Purin- II 51.
— Salz- II 53.
— Untersuchung der Einnahmen und Ausgaben II 54.
— Wasser- II 52.
Stoffwechselprodukte I 445.
— der Mikroben, saure und basische I 447.
Stoffwechselversuche an Menschen II 41.
— — Tieren II 45.
Stöpsel, metallene I 176.
Stotterer, Lispeler, Stammler III 503.
Strahlen, dunkle Wärme- III 154.
— Lichtwirkung III 155.
— ultrarote III 154.
— ultraviolette III 154.
— Wirkungen III 155.
Strahlengang zwischen Deckglas und Frontlinse in Luft, Wasser und Immersionsöl I 211.
Strahlenpilze I 356, III 588.
Strahlung, allaktine III 155.
— dunkle III 230.
— sichtbare III 230.
— thermaktine III 155.
Strahlungsaustausch, Konstante des III 243.
Strahlungsstärke III 231.
Straßen III 294.
Straßenkehricht I 1070.
Straßenpflaster III 295.
Straßenvirus III 621.
Straussche Reaktion III 568.
Streptobazillus Ducrey III 563.
Streptococcus brevis III 515.
— erysipelatis (Fehleisen) III 516.
— haemolyticus III 517.
— involutus III 516.
— longissimus III 515.
— longus III 515.
— mitior III 517.
— mucosus III 517.
— pathogenes III 515.
— putridus III 517.
— viridans III 517.
Streptokokken, epidemiologische Erforschung III 517.
— pathogene III 516.
— Virulenzbestimmung III 515.
— im Wasser I 939.
Streptotricheen I 356, III 588.
Streuung, Maß der I 31.
Strichgemelke II 525.
Strom, Energie- III 155.
— Licht- III 155.
Stromanzeigende Instrumente I 175.
Stromquellen I 176.
Stromstärke, Einheit I 172.
Stromzuleitungen I 176.
Strongyliden II 699.
Strongyloplasmen I 386.
Strukturbild I 220.
Strunkschwamm, krauser II 221.
Stückhefe II 251.
Stütze, seitliche am Objektiv I 439.
Stufenmikrometer I 237.
Stuhlgang, Desinfektion III 669.
Sublamin III 652.
Sublimat III 651.
— abtötende Wirkung auf vegetative Formen III 637.
— keimtötende Wirkung auf Milzbrandsporen III 636.
Sublimatpastillen nach v. Angerer III 651.
Submikronen I 252.
Submikroskopische Krankheitserreger III 617.
Suipestifer-Gruppe III 549.
Sukzessivschwelle III 405.
Sulfate, Bestimmung im Wasser I 897.
— gewichtsanalytische Bestimmung I 897.
— maßanalytische Bestimmung I 898.
— Nachweis durch Benzidinmethode nach Raschig I 899.
— qualitativer Nachweis I 897.
— quantitative Bestimmung I 897.
— Titration nach Wildenstein I 898.
Sulfitmethode zur Bestimmung des Formaldehyds in Lösung III 657.
Sultaninen II 239, 247.
Summenmomentmethode III 725.
Sumpfdolde II 219.
Sumpffieber III 606.
Sumpfschirm II 219.
Superoxydasen II 579.
Suppeneinlagen II 182.
Suppenkräuter II 218.
Suppentafeln II 162.
Suspension I 253.
Suspensionsmethoden III 632.
Süßkirschen II 239.
Süßstoffe, künstliche II 321.
Süßstoff, Verordnung über den Verkehr mit II 325.
Süßungsgrad II 325.
Süßwasserschnecken III 627.
Sylvanus surinamensis II 106.
Symbiose I 444.
Syntropie I 70.
— echte I 70.
— indirekte I 70.
— Schein- I 70.
— — Koordination I 70.
— — Subordination I 70.
Syphilis III 594.
— epidemiologische Erforschung III 601.

T.

Tabak II 401.
— Bestimmung des Amidostickstoffes II 404.
— — — Ammoniaks II 403.
— — — Farbstoffes II 404.
— — — Harz- und Fettgehaltes II 404.
— — — Nikotins II 403.
— — von Salpetersäure II 403.

Tabak, Bestimmung der wasserlöslichen Stoffe, auch des Zuckers II 404.
— Beurteilung II 405.
— mikroskopische Untersuchung II 405.
— Prüfung der Staniolumhüllungen II 405.
Tabellen I 33.
Tabelle nach A. Beythien und P. Simmich II 275.
Tabellen nach Schlösser I 310.
Tabelle nach Windisch II 273.
Taenia echinococcus III 628.
— mediocanellata III 625.
— saginata III 625.
— solium III 625.
— tetrarhynchus II 717.
Taette II 615.
Tafel, Korrektur zur Umrechnung des spez. Gewichts II 455.
Tagesbüchlein I 600.
Tageskost, Preis für einen Erwachsenen im Privathaushalt II 33.
Tageslichtquotienten III 191.
Tagessumme I 607.
Talg, Fein- II 654.
— Hammel- II 654.
— Preß- II 654.
— Rinder- II 654.
— Speise- II 654.
Talk, Speckstein, Nachweis am Reis, an Graupen und an Hirse II 116.
— — — nach H. Lührig und A. Segin II 116.
— — — — H. Matthes und F. Müller II 116.
— — — — H. Schlegel II 117.
Talsperren I 832.
Tangorezeptoren III 404.
Tapioka II 159.
Tapiokasago II 159.
Tau I 661.
Tauchelektrode I 855.
Tauchflüssigkeit von geringerem Brechungsindex als Zedernholzöl I 211.
Tauchplatte I 1045.
Tauchröhre nach Dubosq I 186.
Tauchsysteme I 210.
Täubling, ledergelber II 221.
Taumelgetreide II 105.
Taumellolch II 108.
Tee II 383.
— Bestimmung der Asche II 386.
— — des Gerbstoffes II 386.
— — künstlicher Färbung II 387.
— — des wässerigen Extraktes zum Nachweis ausgezogenen Tees II 386.
— Beurteilung II 387.
— havarierter II 387.
— Sinnenprüfung und mikroskopisch-botanische Untersuchung II 384.
— Wasserbestimmung II 386.
Teigwaren II 182.
— Bestimmung des Äther- und Petrolätherextraktes, Jodzahl II 188.
— — — Albumins II 184.
Teigwaren, Bestimmung der alkohollöslichen Phosphorsäure, der Lezithinphosphorsäure nach A. Juckenack II 187.
— — — Kohlehydrate, Stärke II 184.
— — — Mineralstoffe, Asche II 184.
— — des Säuregehaltes II 184.
— — — Stickstoffgehaltes II 184.
— — — Wassers II 183.
— Beurteilung II 189.
Teigwaren, Eier- II 190.
Teigwaren II 183.
— Nachweis von Konservierungsmitteln II 189.
— mikroskopische Untersuchung II 183.
— Nachweis einer künstlichen Färbung II 184.
— — von Metallen II 189.
— — — Milch II 189.
— qualitativer und quantitativer Nachweis von Eigelb II 185.
— — — — — — — Cholesterin nach Cappenberg II 186.
— Säuregehalt II 190.
— Sinnenprüfung II 183.
— Untersuchung II 183.
— verdorbene II 189.
— Verfälschungen II 183.
— Wassergehalt II 190.
Temperatur, tägliche Schwankung I 610.
Temperaturfaktor III 243.
Temperaturmaximum für das Wachstum von Bakterien III 640.
Temperaturmessung I 160.
— mittels Ardometer I 171.
— durch Beobachtung des Schmelzpunktes I 170.
— auf elektrischem Wege I 170.
— mittels Thermoelementen I 171.
— — Thermosäulen I 171.
Temperaturminimum für das Wachstum von Bakterien III 640.
Temperaturoptimum für das Wachstum der Bakterien III 640.
Temperaturstrahler III 155.
Temperaturunterschiede im Raum III 206.
Temperaturwerte, graphische Darstellung I 612.
— hygienische Bedeutung I 613.
Tenebrio molitor II 106.
Terfezia Leonis Tul. II 224.
Testlösungen I 309.
Testmaterial zur Prüfung auf keimtötende Wirkung III 631.
Testplatte von Abbe I 241.
— — Nobert I 241.
Tetanusbazillen III 529.
Thermische Kondensation III 645.
Thermobarometer II 75.
Thermoelektrische Elemente zur Prüfung der Einwirkungsdauer von Dampf III 650.
Thermoelemente III 228.
Thermoelement, Eichung III 229.

Thermograph I 603.
Thermohygrograph nach R. Fueß III 211.
Thermometer I 160.
— Aspirations- I 611.
— nach Beckmann II 82.
— Durchfluß- I 851.
— Eichung von elektrischen Widerstandsthermometern und von Thermoelementen I 171.
— Eispunktdepression I 168.
— elektrisches Widerstands- I 170.
— Empfindlichkeit I 161.
— Erdboden- I 786.
— Extrem- I 601.
— Flüssigkeiten I 162.
— Flüssigkeits- I 160.
— Gas- I 160.
— Genauigkeit I 162.
— Insolations- I 666.
— Kata- I 637.
— Kipp- I 852.
— Kompensations- I 168.
— Korrektionstabelle für den Fehler des „heraushängenden Fadens“ I 164.
— Läute- III 650.
— Legierungskontakt III 650.
— Maximum- und Mimimum- I 169, 601.
— Metall- I 160, 603.
— metastatische I 170.
— Minuten- I 168.
— Nachprüfung des Eispunktes I 164.
— — — Siedepunktes I 165.
— Nachwirkungserscheinungen bei I 168.
— Prüfung mit Normalthermometer I 167.
— Quecksilber- I 601.
— — Skalenkontakt- III 650.
— Schleuder- I 611.
— Schöpf- I 851.
— selbsttätig registrierende I 170.
— Skalen- I 161.
— Spezial- von Beckmann I 347.
— Umrechnung I 161.
— Vakuum- I 666.
Thermometerhütte I 606.
Thermometrische Beobachtung, systematische Fehler I 163.
Thermometrograph I 602.
Thermophilen-Titer I 938.
Thermophone I 852.
Thermophor I 937.
Thermopräzipitationsreaktion nach Ascoli I 535, III 529.
Thermopräzipitinverfahren nach Schürmann III 520.
Thermoregulatoren, elektrische I 407.
— Quecksilber- I 410.
— Spezial- I 411.
Thermosäulen I 176, III 231.
Thermosbau III 308.
Thermosflaschen I 412.
Thiemsches ε-Verfahren I 388.
Thymian II 347.
Thymol, Nachweis III 94.
Tiegel, Gooch- II 70, 72.
— nach Neubauer II 58.
Tierhaltung I 478.
Tierimpfung I 480.
Tierkäfig für Pestversuche I 482.
Tierkörper, minderwertige II 667.
— Untauglichkeitserklärung II 668.
Tierseuchen, Feststellung bei der Fleischbeschau II 674.
Tierseuchenerreger III 555.
Tierversuche, Desinfektion des Impffeldes I 484.
— praktische Bewertung der Ergebnisse I 465.
Tierversuch, die im Verlauf anzustellenden Beobachtungen I 476.
— bei der Tuberkulose III 580.
Tierzimmer I 482.
Tilletia-Arten II 104.
Timonox III 127.
Tinea granella II 106.
— Hordei II 106.
Titer der Titrierlösung I 310.
Titrationsazidität I 320.
Titrierflüssigkeiten, Herstellung I 312.
Titriermethode I 306.
Todesfälle I 104.
— graphische Darstellung I 560.
Todesursachen, Häufigkeit der einzelnen I 113.
Todesursachenstatistik I 104, 112.
Todesursachenverzeichnis I 112.
Tollwut III 620.
Tomaten II 217.
Tondreieck I 280.
Topf mit Drahtdeckel für infizierte Tiere I 481.
Torulae I 356.
Toter Punkt bei Sportsleuten III 436.
Totgeburten I 102.
Toxine bei Ermüdungsvorgängen III 359.
Toxophore Gruppe I 506.
Tragoderma Khapra Arron II 106.
Trane II 654.
— gehärtete II 655.
Transpirationsapparat I 674.
Transportweg I 468.
Transsudate I 494.
Trauben-Kokken-Seuche II 718.
Traubenbärentatze II 221.
Traubensaft, Bestimmung des spez. Gewichts (Mostgewicht) II 498.
— — — Extraktes II 499.
Traubenzucker, Bestimmung II 65.
— maßanalytische Bestimmung nach Bertrand II 66.
Traubenzucker, Tabelle zu Bestimmung nach Allihn II 67.
— — — — — Bertrand II 69.
Traubenzuckerbouillon II 691.
Trennsystem I 1049, III 299.
Treppen in Wohnungen III 314.
Triatoma megista III 604.
Trichinella spiralis II 675, III 628.
Trichinenschau II 674.
— Böhmsches Kompressorium für II 677.
Trichinoskop Leitz I 230, II 677.

Trichiurus III 625.
Trichloressigsäure als Desinfektionsmittel III 653.
Trichocephalus dispar III 625.
Tricholoma gambosum II 220.
Trichomonas intestinalis III 604.
— vaginalis III 604.
Trichomyceten III 588.
Trichophytien III 589.
Trichterblende I 221.
Trichter, gerippter I 271.
— Heißwasser- I 422.
— Schutz- I 271, 283.
Trikresol (Schering) III 658.
Trilobium confusum II 106.
— ferrugineum II 106.
Trink- und Brauchwasser, hygienische Anforderungen I 800.
Trinkspringbrunnen III 489.
Tritfliege II 106.
Triticum-Arten II 97.
Trockene bewegte Luft, Wirkung auf Bakterien III 641.
Trockene Wärme, Wirkung auf Bakterien III 642.
Trockenfäule III 347.
Trockenschrank I 267, 397, 398.
— nach Soxhlet II 549.
Trockensysteme I 210.
Trockenturm für Gase I 284.
Trocknung des Untersuchungsmaterials I 267.
Tröpfchen als Infektionsvermittler, Beurteilung der Rolle I 739.
—-Inhalationsapparat nach Reichenbach I 742.
— Methoden zur Untersuchung infektionsverdächtiger I 735.
Tropentage I 614.
Tropfen, hängender I 360.
Tropfenmethode I 348.
Tropfentabelle nach F. Eschbaum I 890.
Tropfkörper I 1058.
Tropfverfahren I 1057.
Tropine I 521.
Tropon (Finkler) II 162.
Trübungsreaktionen III 595.
Trüffel, afrikanische II 224.
— echte französische II 223.
— Gekröse- II 224.
— italienische II 224.
— von Perigord II 223.
— Prüfung als Speisewürze in Fleischwaren des Handels nach Giesenhagen II 231.
— schlesische II 224.
— Sommer- II 223.
— weiße und schwarze II 223.
— Winter- II 223.
Trypanosoma gambiense III 604.
— rhodesiense III 604.
Trypanosomen III 604.
Tschugaeffs Nickelreagens III 112.
Tuber II 223.
— album Balb. II 224.
Tuber griseum Pers. II 224.
— magnatum Pico II 224.
— mesentoricum Vitt. II 224.
— mocum Desf. II 224.
Tuberkelbazillus III 576.
— Typus bovinus III 576, 580.
— — humanus III 576, 580.
— — gallinaceus III 576.
— — Kaltblüter- III 576.
Tuberkulin, Alt- III 581.
— Neu- III 581.
— Probe intrakutane nach Roemer, v. Pirquet III 581.
— — kutane nach v. Pirquet III 581.
— — perkutane nach Moro, Petruschky III 581.
— — Salbe III 581.
Tuberkulindiagnostik III 581.
Tuberkulose II 666.
— der Schlachttiere, Behandlung des Fleisches II 669.
— — — Formen II 669.
— generalisierte II 666.
— und Wohnung III 288.
Tuberkulosediagnostik, immunobiologische Verfahren III 581.
— Kulturverfahren nach Dorset III 581.
— — — Hohn III 581.
— — — Lubenau III 581.
Tuberkulosefürsorgestelle III 504, 582.
Tuberkulosemerkblatt III 504.
Tuberkulosesterblichkeit in Preußen 1894 bis 1897 III 289.
Tuberkulosewoche III 504.
Tubifex rivulosum I 1087.
Tubuslänge, mechanische I 204.
— optische I 204.
Tüll III 4.
Tüpfelmethode I 308.
Turbidimeter I 848.
Turmschädel III 734.
Turnen, Zehnminuten- III 500.
Turnhalle III 489.
Tuscheverfahren nach Burri I 361, 434.
Tusputol III 669.
Tylenchus scandens II 106.
Tyndallmeter I 188.
Tyndallstreifen I 188.
Typen I 542.
Typenhaus III 313.
Typhus, bakteriologische Untersuchung auf III 541.
— epidemiologische Erforschung III 544.
Typhusbazillen III 535.
— Züchtung aus Blut III 541.
— — — Fäzes III 542.
— — — Sputum und Eiter III 543.
— — — Typhusleichen III 542.
— — — Typhusroseolen III 541.
— — — Urin III 542.
— — — Wasser und Nahrungsmitteln (Milch) III 547.
Typhusbazillenträger III 544.
Typhusdauerausscheider III 545.

Typhusdiagnostikum nach M. Ficker I 525, 532.
Typhus exanthematicus III 615.
Tyrode-Lösung I 363.

U.

Überbürdung III 498.
Überchlorsäure, Desinfektionswirkung III 653.
Überempfindlichkeit I 502, 513.
— an der Haut I 515.
Überempfindlichkeitsreaktion nach Tièche III 618.
Übergangsformen I 542.
Überschäumen von Flüssigkeiten I 275.
Übertragungswege der Infektion, äußere I 572.
Überwachungsschüler III 501.
U-Elektrode mit stehender Gasblase I 343.
Ulcus molle-Bazillus III 563.
Ultra- oder submikroskopische Keime I 386.
Ultramikroskopische Erreger, Untersuchung auf I 386.
— Krankheitserreger I 357.
Ultraviolettes Licht, keimtötende Wirkung III 638.
Umfang der Extremitäten, größter III 480.
Umkristallisieren I 273.
Umlufttheizung III 271.
Uneheliche Fruchtbarkeit I 103.
Unehelichkeitsquote I 103.
Unfallaffinität III 425.
Unfälle und Arbeitsmenge III 433.
Unfälle, in Beziehung zur Produktionsgeschwindigkeit der Arbeit III 431.
— Eisenbahn- III 433, 435.
— von Eisenbahnangestellten, Fragebogen für III 428.
— endogene Veranlagung zu III 425.
Unfälle, Erregung und Ermüdung in Beziehung zu III 424.
— graphische Darstellung über den Eintritt von III 424.
— hemmende Faktoren III 426.
Unfälle, Einfluß von Witterungsverhältnissen auf III 433.
— Hauptursachen III 430.
— Massen- III 426.
— bei Nachtarbeit III 424.
— Verteilung auf Tagesstunden III 429. 432.
— und Wiederholungsgesetz III 425.
Unfallbegünstigende Einflüsse III 426, 430.
Unfallhäufigkeit in den einzelnen Monaten III 429.
— an den einzelnen Wochentagen III 428, 432.
Ungezieferbekämpfung III 672.
Universal-Dampf- und Formalindesinfektionsapparat nach Rubner III 644.
Universalapparat für kolorimetrische Bestimmungen nach Autenrieth und Königsberger I 918.
Unkräuter, wichtigsten II 107.
Unkrautsamen II 107.
Unterarmumfang, Messung III 480.
Unterchlorige Säure, Nachweis im Wasser I 957.
Untergrundberieselung III 299.
Unterleibstyphus III 535.
Unterlicht I 669.
Untermieterwohnungen III 327.
Unterricht, Beginn des ersten Morgen- III 498.
— ungeteilter III 498.
Unterrichtsstunden, Dauer der einzelnen III 499.
Untersuchungsmaterial aus beliebigen Abschnitten des Darmes I 496.
— — den oberen Atmungswegen I 495.
— — dem Duodenalinhalt und der Gallenflüssigkeit I 496.
— Entnahme aus dem Körper I 488.
— — — inneren Organen am Lebenden I 494.
— — — den Genitalien I 497.
— von der Haut I 495.
— der tieferen Luftwege I 496.
— vom Mageninhalt I 496.
— der Milch I 497.
— vom Urin I 497.
Untersuchungsmethoden der Kleinwesen, morphologische I 358.
Untersuchungsverfahren, Leistungsfähigkeit I 489.
Uran, gesundheitliche Schädigung III 140.
— Nachweis III 140.
Urin, Desinfektion III 669.
U-Röhrchen für Chlorkalzium I 277.
Ursachen, störende I 76.
Urtica dioica II 219.
Ustilago-Arten II 104.
Uviol-Hallauer Brille Nr. 64—66. I 664

V.

Vaccaria parviflora M. II 109.
Vaccinium vitis Idaea II 239.
Vakuumdampfheizung III 280.
Vakuumdestillation I 274.
Valenz I 247.
Valenzen, Haupt- I 247.
— Neben- I 247.
Valerianella Locusta olitaria L. II 219.
Vanille II 347.
Variabilität, diskrete III 712.
— durchschnittliche Abweichung bei alternativer III 717.
— kontinuierliche III 716.
— Maß der III 713.
— meristische 712 III.
— der Mikroorganismen I 253, 541, III 511.
— mittlere quadratische Abweichung bei alternativer III 717.
— Reihen- III 709.
Variabilitätskurve III 718.
Variabilitätspolygon III 719.
Variable abhängige I 41.
— unabhängige I 41.

Variation, einfache mittlere I 31.
Variationskoeffizient I 32.
Variograph I 615.
Variola III 618.
Variometer I 615, 625.
Varizellen III 620.
Vegetabilien, Nährwert II 18.
Vektor I 47.
Ventilation, Bestimmung der natürlichen I 704, III 216.
Ventilationsbedarf, Berechnung nach Rietschel III 204.
— quantitative Bestimmung III 203.
Ventilatoren, Fächer- III 224.
Venturimesser nach Dietz III 215.
Venturimeter I 811.
Veraschen I 290.
Verätzungen im Laboratorium I 582.
Verbindungen, tautomere I 247.
— chemische I 243.
— optisch-isomere I 245.
— stereo-isomere I 247.
— ungesättigte I 247.
Verbrennung, kalorimetrische II 82.
Verbrennungen im Laboratorium I 580.
Verbrennungsraum III 254.
Verbrennungswärme, Bestimmung III 281.
— der Substanz, wahre II 86.
Verdampfungsgeschwindigkeit I 654.
Verdampfungswärme, latente II 87.
Verdunklungsvorrichtung I 577.
Verdunstungszone I 772.
Vereinskerze III 158.
Vereisenung I 868.
Verfügungen betr. Schlachtvieh- u. Fleischbeschau für das Deutsche Reich II 815.
— — — — — — Preußen II 816.
— — — — — — Württemberg II 817.
Vergiftungen im Laboratorium I 582.
Vergrößerungen, leere oder tote I 205.
Vergrößerung, normale, förderliche oder nutzbare I 205.
Verkleisterungsprobe nach L. Wittmack II 150.
Verkokungsprobe III 281.
Vermehrung der Mikroben, Geschwindigkeit I 443.
Vernier I 16.
Verpilzung der Fische II 716.
Verschlußkappe, federnde mit Drahtnetz I 269.
Verseifung I 250.
Versendung von lebenden Kulturen I 497.
Versickerungstheorie I 973.
Versilberungsverfahren nach Fontana I 384.
— — Jahnel I 385.
— — Levaditi I 384.
Verstäubbarkeit von Bakterien, Apparat zur Prüfung I 733.
Verstäubungsversuche I 584.
Versuche an keimfreien Tieren I 476.
— — überlebenden Organen I 475.
Versuchsbrunnenbetrieb I 989.
Versuchstiere, Transport I 481.
— Züchtung I 479.
Vertikalilluminator I 228.
Vertikalstrom I 674.
Verwandtenehen III 705.
Verwandtschaftsreaktionen II 748.
Verwesung I 454.
Vibrationssinn III 404.
Vibrio cholerae asiaticae III 584.
Vibrion septique III 532.
Vibrionen I 356.
— choleraähnliche III 585.
Vicia Faba II 217.
Vier-Stunden-Probe I 1023.
Viertelswerte I 31.
Vina medicata II 507.
Vino dolce II 448.
— maestro II 448.
— seco II 448.
— tierno II 448.
Virulenz, Abschwächung I 469.
— Erhaltung I 470.
— Grad I 469.
— künstliche Steigerung I 469.
Virulenzzahl, Bestimmung nach Bürgers III 516.
— — — Ruge-Philipp III 516.
Virus, filtrierbares I 386.
— unsichtbares oder invisibles I 386.
Virusmenge bei der Ansteckungsquelle I 468.
Viskosimeter I 348.
Viskosität I 348.
Vitamin A, fettlösliches II 24.
— B, wasserlösliches, antineuritisches II 24.
— C, antiskorbutisches II 25.
— D, antirachitisches II 24.
Vitaminforschung, experimentelle Methoden II 88.
— Futtergemische aus reinen (vitaminfreien) Nährstoffen II 91.
— Herstellung eines vitaminfreien Futters II 90.
— Erzeugung einer Polyneuritis II 93.
— — — Rachitis II 93.
— — des Skorbuts II 93.
— — der Xerophthalmie II 93.
— Versuchstiere und ihre Beobachtung II 88.
Vitamingehalt des Fischfleisches II 26.
— der Früchte II 25.
— — Getreidekörner II 25.
— — grünen Gemüse II 25.
— — Hühnereier II 26.
— — Hülsenfrüchte II 25.
— — Kartoffeln II 25.
— — Milch II 26.
— des Muskelfleisches II 26.
— der pflanzlichen Fette und Öle II 25.
— — tierischen Fette II 26.
Vitis vinifera II 239.
Volkskrankheiten I 554.
Volkszählungen I 98.
Volt I 172.
Voltampère I 172.

Volumbestimmung fester Körper I 140.
— von Flüssigkeiten I 141.
— — Gasen I 140.
Volumeinheit I 310.
Volumgewicht des Getreides II 410.
Volumprozente I 249.
Vondranscher Apparat zur Desinfektion mit heißer Preßluft III 641.
Vorderlicht I 669.
Vorfluter I 998.
Vorlaufleitungen III 273.
Vorluft III 17.
Vorprüfung im Reagensglas I 258.
Vorschaltwiderstand I 172.
Vorticella microstoma I 1087.
Vulkanisation III 141.

W.

Wachstum und Gewicht, Einfluß der Drüsen mit innerer Sekretion III 475.
— — — — — körperlichen Arbeit III 475.
— — — — — Rasse, Umwelt III 473.
— — — — — sozialen Lage und Ernährung III 475.
— — — — — Schule III 473.
— — — — von Stadt und Land III 475.
— — — Perioden III 472.
Wachstumsgröße von Geburt bis zur Be-
— endigung der Reifezeit III 472.
einzelner Körperteile III 472.
Wachstumskoeffizient der Bevölkerung I 100.
Wage nach Abderhalden I 131.
— Analysen- I 133.
— Brief- I 131.
— Brücken- I 131.
— Dezimal- I 131.
— Empfindlichkeit I 131.
— Feder- I 130.
— nach A. Fornet II 111.
— — A. Kühn II 111.
— Maß der Genauigkeit I 131.
— Mikro- I 131.
— Mohr-Westphalsche I 130, 153.
— Römische Schnell- I 131.
— Torsions- I 130.
— — nach Hartmann und Braun I 131.
— ungleicharmige I 130.
— gleicharmige I 130.
— Hebel- I 130.
Wägung I 130.
— Ausführung I 136.
— Doppel- oder Substitutions- I 138.
Wägungen III 475.
Wärme, Bestimmung der spezifischen III 319.
— Verbreitung und Übertragung III 228.
Wärmeaufwand für die Heizung eines Raumes III 232.
Wärmeausstrahlung, nächtliche I 614.
Wärmebedarfsberechnung III 235.
— eines Raumes, Schema III 245.
Wärmebedarfsberechnung für ein Haus III 244.
Wärmedurchgang durch ebene Wände, Formel für III 235.
Wärmedurchgangszahl III 236.
Wärmedurchgangswiderstand III 236.
Wärmedurchlässigkeitswiderstand III 237.
Wärmedurchlässigkeitszahl III 237.
Wärmeeinflüsse auf die Arbeiter III 71.
Wärmeeinheit III 230.
Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe III 232. 318.
Wärmeleitzahl III 237.
Wärmeleitzahlen der wichtigsten Bau- u. Isolierstoffe III 239.
Wärmeproduktion einer Lichtquelle III 175.
Wärmespeicherung III 232.
Wärmestrahlung III 230.
Wärmestrahlungszahlen III 221.
Wärmeströmung (Konvektion) III 232.
Wärmetechnische Anlage und Ausgestaltung von Gebäuden III 250.
Wärmetransmission III 232.
Wärmeübergangswiderstand III 236.
Wärmeübergangszahlen III 236.
Wärmeübertragung durch Konvektion in vertikalen Luftschichten III 242.
— — Leitung III 231.
— — — in einer Luftschicht III 241.
— — Strahlung in einer Luftschicht III 242.
Wärmeverluste durch eine Normalziegelmauer mit 18% Fensterfläche III 251.
Wahrscheinlichkeit, mathematischer Ausdruck der I 79.
— zusammengesetzte I 123.
Wahrscheinlichkeitsrechnung, Grundsätze I 79.
Walderholungsstätten III 505.
Waldschulen III 504.
Walnüsse II 241.
Wanderratte III 559.
Wandstärke, Zusammenstellung der gebräuchlichsten Wand-, Fußböden- und Deckenkonstruktionen III 246.
Wandtafeln III 496.
Warmblüter, Untersuchung der nicht im Fleischbeschaugesetz genannten II 694.
Warmwasseranlagen in Wohnungen III 315.
Warmwasserheizung III 272.
— mit oberer Verteilung III 273.
— — unterer Verteilung III 274.
Warzenschwamm III 347.
Wasch- und Kühlapparat von K. Löhners III 225.
Waschflasche nach Drechsel I 691.
Wasserassel I 1087.
Wasser und Abwasser, Geräte zur Entnahme und orientierenden Untersuchung biologischer Proben I 1076.
— — — Methoden der biologischen Untersuchung I 1074.
Wasser, Aluminium im I 867.

Wasser, Ansteckung durch I 816.
— Antimonverbindungen im I 858.
— Apparat nach Hesse zur Anreicherung von Keimen im I 936.
— Appetitlichkeit I 815.
— bakteriologische Untersuchung I 931.
— Bariumverbindungen, lösliche, im I 858.
— Begutachtung I 801.
— Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit I 855.
— — — Erdalkalien (Härte) I 877.
— — des Gesamtgehaltes an gelösten Stoffen I 853.
— — der Keimarten im Wasser als Kriterium der Verunreinigung I 938.
— — — Keimzahl durch Kulturverfahren I 934.
— — — Radioaktivität I 853.
— — des spezifischen Gewichts I 854.
— — — Trockenrückstandes I 853.
— — der Zahl der Keime nach P. Th. Müller I 933.
— Beurteilung der Härte I 878.
— — nach seinen natürlichen Fundstätten I 803.
— Blei im I 858.
— bleilösende Eigenschaft I 862.
— — — Standzylinder zur Prüfung I 862.
— Boden- oder Grundwasser I 772.
— Eisen im I 866.
— Enteisenung I 959.
— Enthärtung I 959.
— Entmanganung I 959.
— Entnahmestelle I 826.
— Entsäuerung I 959.
— Ergebnis der Untersuchung von reinem, unbeeinflußtem I 1037.
— Farbenprüfung mittels Apparat nach Hagen und Whipple I 847.
— Fluß- I 808.
— freie Kieselsäure im I 866.
— gelagertes I 772.
— Genußfähigkeit I 818.
— Gesamthärte I 877.
— Geschwindigkeit der unterirdischen Strömung I 824.
— Grund- I 803.
— -Härte, bleibende, permanente oder Resthärte I 877.
— — vorübergehende, temporäre oder transitorische I 877.
— Hausleitung I 834.
— Hausleitungen, Zurücksaugen verunreinigten Wassers I 835.
— Herkunftsgebiet des I 824.
— hygienische Beurteilung des Arsens im I 858.
— — — der Temperatur des I 852.
— — Methoden zur Untersuchung des I 800 ff.
— Kupfer im I 864.
— Mangan im I 873.
— Meteor- I 803.
— mikroskopische Untersuchung des I 931.
Wasser, Nachweis von Arsen im I 856.
— — chemisch differenter oder giftiger Stoffe im I 817, 856.
— — der Verunreinigung nach Spät I 943.
— Normaltrübungsmaß I 849.
— Oberflächen- I 808.
— Plansch- I 827.
— Probeentnahme I 836.
— — Ausführung der I 841.
— — Berücksichtigung der Witterungsverhältnisse bei der I 843.
— — aus Kesselbrunnen I 842.
— — — Pumpen I 842.
— — — Quellen I 842.
— — — Reservoiren I 843.
— — — Rohrnetz I 842.
— — durch Sachverständigen oder geschultes Personal I 843.
— — aus Stollen, Sickergalerien I 842.
— Prüfung auf Durchlässigkeit der Bodenschichten mit Kochsalz I 822.
— — — — — — nach Dienert I 823.
— — — — — — mit Farbstoffen I 822.
— — — — — — nach Mayrhofer I 823.
— — — — — — mit Mikroben I 823.
— — — — — nach Ohlmüller I 823.
— — — — — wasserführenden und der überlagernden Schicht I 822.
— — der Farbe I 846.
— — des Geruches I 843.
— — — Geschmackes I 844.
— — auf Klarheit, Durchsichtigkeit und Trübung I 848.
— — — Schwefelwasserstoff mittels Bleiazetatpapier I 910.
— — — — — Dimethylparaphenylendiamin I 910.
— — — — — Nitroprussidnatriumlösung I 910.
— — — — — Paraamidodimethylanilin I 910.
— — mit den Sinnen und physikalischen Untersuchungsmethoden I 843.
— — der Stärke des Geschmackes, Skala I 845.
— — — Temperatur I 851.
— qualitative Beurteilung I 811.
— Quell- I 803, 804.
— Reaktion I 896.
— Reinigung durch Ausfällung I 947.
— — von chemischen Beimengungen I 959.
— — durch Filtration I 948.
— — — Kochen und Destillation I 946.
— Saugwirkung in das Innere des Rohres I 835.
— Schematische Darstellung des Kreislaufes I 976.
— Seiten- oder suspendiertes I 772.
— Sicker- I 772.
— Sterilisation mittels Chlor I 956.
— Sterilisierung durch Ozon I 958.
— Stickstoff, freier im I 901.
— Sumpfgas (Methan) im I 901.

Wasser, Tag- I 772.
— von Teichen und Seen, Ergebnis der Untersuchung I 1037.
— tote Endstränge I 835.
— Trink-, gutes I 846.
— — erträgliches I 846.
— bzw. Trockensubstanz, quantitative Bestimmung II 61.
— unterirdisches I 803.
Wässer, Untersuchung natürlicher und künstlicher Mineral- I 960.
Wasser, Untersuchungen an Ort und Stelle I 838.
— Vegetationsfarben I 846.
— Verfahren zur Anreicherung der Keime im I 936.
— Verteilungsnetz I 835.
— Zink im I 865.
— Zinn im I 866.
Wasserabgaben, Bestimmung der II 53.
Wasseraufnahme und Wasserabgabe, Bestimmung der Schnelligkeit der III 316.
Wasserbäder I 280.
Wasserbakterien, Zurückhalten des Wachstums durch Äsculin-Eisenzitrat-Agar I 943.
— Vorkultur nach Mac Conkey und Hill I 943.
— — durch Endo-Nährboden I 943.
— — in Malachitgrünlösungen I 943.
— — durch „Rebipel-Agar“ I 943.
— — nach Vincent I 943.
— — durch Vorkultur in gallenhaltigen Nährflüssigkeiten I 943.
— — — — nach de Waal I 943.
Wasserbedarf, täglicher pro Kopf der Bevölkerung I 1000.
Wasserbegutachtung, allgemeine Grundsätze und Methoden der I 810.
— Lage der Entnahmestelle I 833.
Wasserbehälter, Besichtigung I 833.
— zwangsläufige Durchströmung I 834.
— Grundablaß I 834.
Wasserbeurteilung von Bächen und Flüssen I 832.
— von natürlichen Seen I 832.
Wasserbewegung zwischen Fluß u. Grundwasser I 985.
Wasserblüten I 1084.
Wassereinnahmen, Bestimmung der II 53.
Wasserentnahme, Saugvorrichtung zur I 839.
Wasserentnahmeapparate I 838.
Wasserentnahmeapparat nach Dinse I 904.
— — Spitta und Imhoff I 903.
Wasserflaschen, Sicherheitsverschluß, I 837.
Wasserführung von Flüssen I 1004.
— kleiner Vorfluter, Ermittelung I 1004.
Wassergehalt, spezifischer des Bodens I 763.
Wassergewinnungsanlage, Besichtigung an Ort und Stelle I 818.
Wasserinfektion, allgemeine I 809.
— lokale I 809.
Wasserinterferometer I 854.
Wasserkapazität I 759, 763.
— absolute oder kleinste I 764.
Wassermenge, Beurteilung der erforderlichen I 810.
— durchschnittlicher, mittlerer Tagesverbrauch I 811.
Wassermengen eines Poncelet-Überfalls in Sekundenlitern, Tabelle I 991.
Wassermesser I 810.
— nach Woltmann I 991.
Wasserproben, Entnahmeflasche für I 837.
Wasserreinigungsverfahren, Beurteilung I 834.
— Prüfung I 946.
Wasser, Rohrleitung- I 834.
Wassermannsche Reaktion III 595.
— — Bestimmungen für die einzelnen Reagentien der III 596.
— — Kontrollen bei der III 599.
— — Erhöhung der Empfindlichkeit III 600.
Wasserstoff, Vorsichtsmaßregeln beim Arbeiten I 285.
Wasserstoffexponent I 330.
Wasserstoffionenkonzentration, Bestimmung I 327.
— — des elektrischen Widerstandes I 342.
Wasserstoffkonzentrationskette I 342.
Wasserstoffsuperoxyd, Desinfektionswirkung III 656.
— Nachweis I 706.
Wasserstoffzahl I 330.
— (pH), Bestimmung I 331.
— Bestimmung mittels Indikatoren, Fehlerquellen I 335.
— — Methode nach L. Michaelis I 332, 336.
— — — — Sörensen I 332.
— — potentiometrische (elektrometrische) I 341.
— Verwendung der Farbindikatoren zur Bestimmung I 331.
Wasserstrahlgebläse für Saug- und Druckwirkung I 390.
Wasserstrahlsaugpumpe I 390.
Wasserströmung, unterirdische vom Fluß nach der Fassung I 985.
Wassertrübung, Apparat zur Messung nach Hagen und Whipple I 850.
— hygienische Beurteilung I 850.
Wasserverdunstheizungen III 276.
Wasserzerstäubungsapparate III 224.
Wasserzucker I 848.
Waterhousesche Probe II 650.
Watt I 172.
Watt-Stunde I 172.
Wechselfieber III 608.
Wegebreit II 219.
Weichseln II 239.
Weideprobe II 533.
Weilsche Krankheit III 593.

Weil-Felixsche Reaktion III 616.
Wein II 442.
— alkoholfreier II 510.
— Ausbruch- II 447.
— Beeren- II 509.
— Berechnung der titrierbaren nichtflüchtigen Säuren II 459.
— Bestimmung der Alkalität der Asche und der Phosphorsäure II 456.
— — — — des in Wasser löslichen Anteils der Asche II 457.
— — des Alkohols II 453.
— — — Aluminiums II 492.
— — — Apfelsäure II 484.
— — des Arsens II 490.
— — der Asche II 455.
— — — Bernsteinsäure II 483.
— — des Chlors II 481.
— — — Eisens II 491.
— — — Extraktes II 454.
— — der flüchtigen Säuren II 459.
— — des Gerbstoffes und Farbstoffes II 480.
— — — Glyzerins II 463.
— — — — durch Jodidverfahren II 465.
— — — — durch Kalkverfahren II 464.
— — — Kaliums und Natriums II 494.
— — — Kalziums und Magnesiums II 493.
— — der Milchsäure II 469.
— — — Polarisation II 471.
— — des Säuregrades II 460.
— — der Salizylsäure II 478.
— — — Salpetersäure II 481.
— — — Schwefelsäure II 475.
— — — schwefligen Säure II 476.
— — des spez. Gewichts II 452.
— — — Stickstoffes II 482.
— — der titrierbaren Säuren II 458.
— — des Zuckers II 466.
— — — — in Süßweinen II 469.
— — — — in trockenen Weinen II 466.
Wein, Beurteilung II 499.
— Bitterwerden des II 447.
— Böcksern des II 447.
— Dessert- II 447, 502.
— Deutung der Ergebnisse der chemischen Analyse II 505.
Wein, Entnahme und Behandlung der Proben zur Untersuchung II 450.
— Forditas- II 447.
— Französischer II 449.
— Griechischer II 448.
— mit Heilmittelzusätzen II 508.
— Italienischer II 449.
— Madeira- II 448.
— Malaga- II 448.
— Malton- II 509.
— Malz- II 509.
— Marsala- II 449.
— Máslás- II 447.
— medizinischer II 507.
Wein-Most, Amylalkoholprobe II 475.
— — Baumwollprobe II 475.
— Bestandteile II 449.
— — Bleiessigprobe II 475.
Wein-Most, Quecksilberoxydprobe II 475.
— — Wollprobe II 475.
— Nachweis von Ameisensäure II 486.
— — — Benzoesäure II 486.
— — der Borsäure II 488.
Wein-Most, Nachweis von Dextrin II 474.
— — — Dulzin II 498.
— — — Ferrozyankalium und Zyanverbindungen II 497.
— — des Fluors II 489.
— — von Formaldehyd II 488.
— — fremder Farbstoffe II 475.
— — — rechtsdrehender Stoffe II 473.
— — des Kupfers II 489.
— — von Obstwein im Traubenwein II 498.
— — — Oxalsäure II 498.
— — des Saccharins II 479.
— — von Saponinen II 496.
— — — Schwefelwasserstoff II 498.
— — — Zimtsäure II 487.
— — — Zink II 490.
— — der Zitronensäure II 485.
Weine, Nährwert II 18.
Wein, Obst- II 509.
— Österreichischer II 449.
— Port- II 448.
— Samos- II 449.
Weine, Sauternes- II 449.
— Sherry- II 448.
— Süd- II 502.
— Süß- II 447, 502.
— Szamorodner II 447.
— Taragona- II 448.
— Tokayer- II 447.
Wein, Umschlagen, Brechen, Trüberwerden II 447.
— Wermut- II 507.
— Zähe- oder Langewerden II 446.
Weinähnliche Getränke II 508.
Weinbrand II 425.
Weinhaltige Getränke II 507.
Weinkrankheiten II 446.
Weintrauben II 239.
Weißglut des strahlenden Körpers III 154.
Weißguß III 127.
Weißkraut II 215.
Weizen II 97.
— anatomische Merkmale II 127.
— argentinischer II 98.
— bespelzter II 97.
— Bart- II 87.
— Birkel- II 97.
— Dinkel- II 97.
— Donau- II 98.
— Eigenschaften eines guten II 98.
— englischer II 97.
— Hart- oder Glas- II 97.
— Igel- II 97.
— Nachweis des Ölens II 113.
— Nackter II 97.
— Ölen II 106.
— polnischer II 97.
— Querzellen II 126.
— Rauh- II 97.

Weizen, russischer II 98.
— Sommer- und Winter- II 98.
— türkischer II 99.
— ungarischer II 98.
— weißer, gelber, roter, bunter II 98.
— Zwerg- II 97.
Weizenälchen II 106.
Weizenkörner, chemische Zusammensetzung II 103.
Weizenstärke II 129.
Welschkorn II 99.
Welters Bitter III 145.
Werbitzkys Chinagrünagar II 686.
Wert, dichtester I 31.
Wertigkeit I 247.
Westenklärgruben III 300.
Wetter I 599.
Wetterkarte, synoptische I 676.
Weylsche Reaktion II 185.
Wheatstonesche Brücke I 173.
Wickenarten II 109.
Widerstand, Einheit I 172.
Widerstandskapazität I 174.
Wiedererkrankungsprozent I 120.
Wiesners Reagens II 153.
Wild, Geflügel, nicht auf den Menschen übertragbare Schmarotzer beim II 698.
— — Vergiftungen beim II 698.
Wild- und Geflügelfleisch, nachträgliche Veränderungen II 700.
— — — Stickigkeit des II 701.
— — — Fäulnis des II 701.
Wild, das gezähnelte Fünfloch (Pentastomum dendiculatum) beim II 698.
— Hülsenwürmer (Echinokokken) beim II 698.
— Maul- und Klauenseuche beim II 696.
— Milzbrand beim II 696.
— Schweinefinnen beim II 697.
Wildseuche II 700.
Wild, Trichinen beim II 697.
— Tuberkulose beim II 697.
Windanfall III 207.
Winddruck III 208.
Windfahne I 629.
Windpocken III 620.
Windrichtung I 629.
Windrose I 48.
Windrosen, barische I 627.
Windstärke I 631.
— Tafel nach Beaufort I 634.
Winklersche Röhre I 691.
Winterkohl II 215.
Wintertage I 611.
Winterventilation III 221.
Wirsingkohl II 215.
Wismut, gesundheitliche Schädigung III 138.
— Nachweis III 139.
Witterung I 599.
— austrocknende Wirkung I 654.
— Darstellung I 675.
Witterungsdiagramme nach Dold I 675.
Witterungseinflüsse auf Epidemien I 562.
— auf die Hausfeuchtigkeit III 304.
Wohnboden III 301.
Wohndichtigkeit III 327.
Wohnen, allgemeine Forderungen für einwandfreies III 293.
Wohnraum III 327.
Wohnstraßen III 295.
Wohnung, Abwässerbeseitigung III 299.
— Ausstattung der III 313.
Wohnungen, Beschaffenheit der großstädtischen III 326.
Wohnung, ihre Beziehungen zu den übertragbaren Krankheiten III 286.
— Biologie der III 345.
Wohnungen, Durchlüftbarkeit III 297.
Wohnung und Gesundheit III 285.
— Höhenregeln, Geschoßhöhen, Flächenregeln III 295.
— Keller- und Dach- III 297.
— krankheitserregende Keime in der III 350.
Wohnungen, mittlere und größere III 328.
— selbständige und nichtselbständige III 327.
— überfüllte, jährliche Sterblichkeitsziffer usw. III 288.
Wohnung, Wasserversorgung III 298.
Wohnungsanlage und -Zustand, Fragebogen bezugnehmend auf III 343.
Wohnungsbelegung III 328.
— Bedeutung für die Krankheitsverbreitung III 287.
Wohnungsenquête, hygienische III 343.
Wohnungsfeuchtigkeit III 286, 303, 347.
Wohnungsinsassen, prozentuale Verteilung auf die einzelnen Wohnungsgrößenklassen III 338.
Wohnungskarte III 328, 331.
Wohnungskrankheiten III 288, 576.
Wohnungsluft III 286.
— Verunreinigung mit Kohlensäure III 347.
Wohnungsstatistik III 325.
Wohnungszählung III 328.
Wolffhügelscher Apparat I 460, 935.
Wolfsröhrling II 221.
Wolhynisches Fieber III 615.
Wolken, Feder- I 664.
— feine Schäfchen- I 664.
— Gewitter- I 665.
— grobe Schäfchen- I 664.
— Haufen- I 665.
— Regen- I 665.
— Schicht- I 665.
— Schleier- I 664.
— Strato-Cumulus- I 664.
Wolkenspiegel I 664.
Wolle III 5.
— Alpaka- III 5.
— Elektoral- III 5.
— Kamm- III 5.
— Kunst- oder Lumpen- III 6.
— russische Zackel- III 5.
— und Seide, Unterscheidung III 9.
— Streich- III 5.

Wolle, Theiß- III 5.
Wortassoziationsverfahren zum Nachweis von Erregung und Ermüdung III 388.
Wortpaarmethode nach Ries III 388.
Wuchsformen III 487.
Wünschelrute I 992.
Wulffsche Flasche I 284, 390.
Wundinfektionserreger, anaërobe III 531.
Wundstarrkrampf III 529.
— epidemiologische Erforschung III 531.
„Wurm" III 567.
Wurmeier, Nachweis III 624.
— — durch Kulturverfahren nach Looß III 626.
— Anreicherungsverfahren nach Telemann III 624.
— — — Fülleborn III 624.
— — — Stäubli III 624.
Wurmträger III 626.
Würste, biologische Untersuchung gekochter II 798.
Wurst, Mett- II 797.
— Nachweis von Bindemitteln in der II 738.
— — — Eiweiß II 740.
— — — Stärkemehl II 738.
— polnische Brat- II 797.
— Prüfung von gekochter durch Komplementbindungsreaktion II 808.
— Schlack- II 797.
Wurstsorten, Verfälschungen mit Pferdefleisch II 796, 800.
Wurstuntersuchung, biologische II 797.
Wurzelgemüse II 204.
— mittlere Zusammensetzung II 211.
Wut, rasende III 621.
— stille III 621.

X.

Xenopsylla cheopis III 555.
Xeroform III 138.
Xerophthalmie II 93.
Xerosebazillus III 574.
Xylol I 376.

Y.

Yoghurt II 615.
Y. Ruhr III 553.

Z.

Zähigkeit einer Lösung I 348.
Zählkammer nach Bürker I 455.
— — Liebreich I 455.
— Zeiss-Thoma I 13, 455.
Zählnetz I 12, 459.
Zählung, Allgemeines I 11.
— erschöpfende I 88.
— der Keime mit bloßem Auge I 459.
— — — im gefärbten Zustand im trockenen Ausstrichpräparat I 456.
— — — durch kolorimetrisches Verfahren I 458.
— — — mit der Lupe I 459.
Zählung der Keime mit schwacher Vergrößerung I 459.
— — — durch Züchtung I 458.
— mikroskopische I 13.
— repräsentative (Stichprobe) I 88.
Zählvorrichtung, mikroskopische I 236.
Zahlen, absolute bei statistischen Erhebungen I 89.
— repräsentative I 88.
Zammit-Test III 563.
Zea Mais L. II 99.
Zeckenfieber III 592.
Zedernholzöl I 210.
Zeilenzähler nach Cohn III 495.
Zeitmessungen I 21.
Zellmembran im Kot, Bestimmung nach Rubner II 71.
Zellulose, Rein-, Lignin und Kutin, Bestimmung II 70.
— — — — — nach König II 70.
Zellulosereaktion III 10.
Zentimetergewicht III 481.
Zentralheizung III 256.
Zentralwert I 31.
Zentrifugalventilatoren III 220.
Zentrifuge I 269.
Zentrifugengläser von Gerber II 538.
Zentrifugenröhrchen I 270.
— zur Keimzahlbestimmung nach P. Th. Müller I 934.
Zentrifugenrohr, Aufnahmehülse für I 270.
Zerealien, chemische Zusammensetzung II 103.
Zerstäuber nach Prött III 224.
Zerstreuung, Messung der luftelektrischen I 673.
Zertation III 706.
Zibeben II 239.
Ziegelhohlwände III 309.
Ziegelsteinbau III 309.
Ziegenbart II 221.
Ziliaten I 357.
Zimt II 348.
Zink, antibakterielle Wirkung III 651.
Zink, gesundheitliche Schädigung III 107, 110.
— Nachweis III 108.
Zinknachweis, qualitativer im Wasser I 865.
— quantitativer im Wasser I 865.
Zinn, Nachweis III 111.
— — im Wasser I 866.
Zinnober III 136.
Zirkel nach Leyden III 406.
— — Weber III 405.
Zisternen I 831.
Zitrone II 238.
Zitronensaft II 261.
— Bestimmung der Zitronensäure II 263.
Zitronensäfte, Bestimmung des Zuckers II 265.
— Extraktbestimmung II 267.
— spez. Gewicht II 267.
Zonenfehler I 225.
Zone des kapillären Grundwasserstandes I 772.

Zucker II 302.
Zuckerkouleur II 306.
Zuckergehalt, Ermittelung aus den Ergebnissen der maßanalytischen Bestimmung II 516.
— wässeriger Zuckerlösungen usw., Tafel zur Ermittelung II 299.
Zuckerrübe II 209.
Zuckerwaren II 307.
— Bestimmung von Fett II 308.
— — der Mineralstoffe II 308.
— — von Stärkesirup II 308.
— — des Wassers und des Trockenrückstandes II 308.
— — — Zuckers der löslichen Kohlehydrate, des Dextrins II 308.
— Beurteilung II 313.
— Nachweis gesundheitsschädlicher Metalle und Farbstoffe II 308.
— — künstlicher Süßstoffe II 311.
— Untersuchung II 308.
Züchtung, Anwendung der Methoden zur künstlichen I 433.
— der Mikroben im lebenden Körper I 432.
Zündflämmchen I 279.
Zündwaren, Zündhölzer, Prüfung auf die Anwesenheit von Schwefelphosphorverbindungen III 151.
— — — — Phosphor mittels ammoniakalischer Silbernitratlösung III 150.
Zündwaren, Zündhölzer, Prüfung auf Phosphor mittels der Leuchtprobe III 150.
Zufall I 75.
Zugstraßen I 628.
Zustandänderungen, reversible I 168.
Zwetschen II 238.
— als Nährbodenzusatz I 432.
Zwiebelarten, chemische Zusammensetzung II 214.
Zwiebelgemüse II 214.
Zwillinge, eineiige, zweieiige III 731.
Zwillingsarchive III 739.
Zwillingsforschung III 731.
Zwillingsmethode III 731.
Zwischenböden III 305.
Zwischendecken, Verunreinigungen III 346.
Zwischenfadenräume III 10.
Zwischenträger I 463, III 579.
Zwischenwirt I 471.
Zyan (Dizyan und Zyanwasserstoff), Nachweis III 87.
Zyklon, als Desinfektionsmittel III 677.
Zylinder nach Hehner I 185.
Zymase I 452.
Zymophore Gruppe I 506.
Zysten der Ruhramöben III 603.
Zytolysine I 515.

Druck von Ant. Kämpfe in Jena.

3 0112 098551937